



SKRIPSI – TK 141581
PENGARUH KECEPATAN *IMPELLER*
TERHADAP EMULSI MINYAK SOLAR -AIR
DALAM TANGKI BERPENGADUK

Dina Adelina
NRP 02211546000003
Fenni Woro Hastuti
NRP 02211546000005

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng
NIP. 195209161980031002
Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng
NIP. 197205201997021001

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



**FINAL PROJECT – TK 141581
THE EFFECT OF IMPELLER SPEED
TOWARD WATER-DIESEL FUEL
EMULSION IN THE MIXER TANK**

**Dina Adelina
NRP 02211546000003
Fenni Woro Hastuti
NRP 02211546000005**

**ADVISOR
Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng
NIP. 195209161980031002
Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng
NIP. 197205201997021001**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KECEPATAN *IMPELLER* TERHADAP EMULSI MINYAK SOLAR-AIR DALAM TANGKI BERPENGADUK

Diajukan Untuk Memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi S-1
Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Dina Adelina

02211546000003

Fenni Woro Hastuti

02211546000005

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng.
(Pembimbing I)
2. Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng.
(Pembimbing II)
3. Dr. Kusdianto, S.T., M.Sc.Eng.
(Penguji I)
4. Suci Madhanisa, S.T., M.T.
(Penguji II)



PENGARUH KECEPATAN *IMPELLER* TERHADAP EMULSI MINYAK SOLAR-AIR DALAM TANGKI BERPENGADUK

Nama : Dina Adelina (02211546000003)
Fenni Woro Hastuti (02211546000005)
Departemen : Teknik Kimia FTI – ITS
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng
Dr. Tantular Nurtono S.T., M.Eng

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh kecepatan putar *impeller*, komposisi surfaktan, konsentrasi surfaktan dan penambahan air terhadap karakteristik emulsi solar – air. Karakteristik tersebut dinilai sebagai kestabilan emulsi minyak solar-air. Variabel penelitian ini adalah komposisi jenis surfaktan, konsentrasi surfaktan, penambahan pre-emulsi, kecepatan pengadukan, penambahan CMC, kandungan air, dan penambahan sonikasi. Lima tahapan dilakukan dalam penelitian ini yaitu persiapan bahan, persiapan alat, proses pre-emulsi, proses emulsi dan karakterisasi emulsi minyak solar-air. Karakterisasi emulsi minyak solar-air antara lain pengukuran densitas, pengukuran viskositas, stabilitas emulsi seperti pengamatan visual, mengukur tinggi lapisan di tabung uji stabilitas, mengukur volume total lapisan yang dihasilkan, mengukur *droplet size*, dan *zeta potensial*. Hasil dari karakterisasi emulsi solar-air didapatkan surfaktan yang cocok untuk emulsi minyak solar air adalah surfaktan campuran 76,6% *lecitin* – 23,4% *triton x-100* tanpa CMC dengan konsentrasi 1%. Pre-emulsi dapat meningkatkan stabilitas emulsi. Kecepatan putar *impeller* paling baik adalah 1900 rpm. Penambahan air (*aquabidest*) yang optimal dengan volume air 5%,

dan penambahan air hingga 50% masih memberikan hasil emulsi minyak solar – air yang stabil. Penambahan sonikasi mampu meningkatkan kestabilan emulsi.

Kata kunci : emulsi, surfaktan., minyak solar air, emulsifikasi, kecepatan impeller

THE EFFECT OF IMPELLER SPEED TOWARD WATER-DIESEL FUEL EMULSION IN MIXER TANK

Name of students : Dina Adelina (02211546000003)
: Fenni Woro H (02211546000005)
Department : Teknik Kimia FTI – ITS
Advisor : Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng
Dr. Tantular Nurtono S.T., M.Eng

ABSTRACT

The purposes of this research are to learn about the effect of impeller speed, composition of the surfactant, concentration of the surfactant, and the addition of water toward water-diesel fuel emulsion characteristic. This characteristic rated as a stability of water-diesel fuel emulsion. Variables in this research are types of surfactant composition, concentration of surfactant, addition of pre-emulsion, speed of the impeller, addition of CMC (Carboxymethyl cellulose), water content, and sonication process. Five steps of this research are preparation of material and equipment, pre-emulsion process, emulsification process, and water-diesel fuel emulsion characterization. The characterizations are the density, viscosity, stabilization measurement of the emulsion by observing the sediment in the experiment tube, measuring total volume layer produced, droplet size, and zeta potential. The result from this characterization is that the suitable surfactant for a stable emulsion is surfactant with 76,6% lecithin-23,4% triton x-100 without CMC composition within 1% concentration. Pre-emulsion process can increase the stability of the emulsion. The best speed from this research is 1900 rpm and the optimum water content is 5%, but the addition of water until 50% still give stable water-diesel fuel

emulsion. Sonication process can increase the stability of emulsion.

Keywords : emulsion, surfactant, water diesel fuel, emulsification, impeller speed

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT. Yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi kami yang berjudul :

“ Pengaruh Kecepatan *Impeller* Terhadap Emulsi Minyak Solar-Air dalam Tangki Berpengaduk “

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program Strata-1 di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta saudara-saudara kami, atas doa, bimbingan, perhatian, serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng selaku Pembimbing dan Kepala Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, Departemen Teknik Kimia FTI-ITS, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
3. Bapak Dr. Tantular Nurtono, S.T., M. Eng selaku Dosen Pembimbing Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, Departemen Teknik Kimia FTI-ITS, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
4. Mas Joko Suryadi S.Si selaku ketua tim Emulsi Minyak Solar-Air atas segala kerja sama, dukungan, dan bimbingannya
5. Seluruh civitas akademika Departemen Teknik Kimia FTI-ITS yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.
6. Keluarga besar Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), khususnya teman-teman di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran Departemen Teknik

Kimia FTI-ITS atas semua dukungan, semangat, serta kerjasamanya.

Kami menyadari laporan skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya. Akhirnya laporan skripsi ini dapat memberikan sumbangan bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Proses Pembakaran	7
2.2 Bahan Penyusun Polutan	9
2.3 Emulsi	11
2.4 Teori Terjadinya Emulsi	14
2.5 Surfaktan	17
2.6 Minyak Solar	22
2.7 Air	24
2.8 Penstabil CMC (<i>Carboxy Methyl Cellulose</i>)	24
2.9 <i>Homogenizer</i>	25
2.10 Sonikator	26
2.11 <i>Disk Turbine</i>	26
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Bahan	35
3.2 Peralatan	36
3.3 Prosedur Percobaan	39
3.4 Karakterisasi Emulsi Minyak Solar-Air	40
3.5 Blok Diagram	43

BAB IV PEMBAHASAN	45
4.1 Pengaruh Surfaktan	46
4.2 Pengaruh Konsentrasi Surfaktan	55
4.3 Pengaruh Penambahan <i>Pre-treatment</i>	59
4.4 Pengaruh Kecepatan Impeller terhadap Emulsi	60
4.5 Pengaruh Penambahan Air	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR PUSTAKA	xiv
APPENDIKS	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik Produksi dan Konsumsi Minyak di Indonesia	2
Gambar 2.1	Proses Pembakaran Mesin Diesel	9
Gambar 2.2	Jenis – Jenis Emulsi	12
Gambar 2.3	Molekul Surfaktan	17
Gambar 2.4	Skala Fungsi Surfaktan Berdasarkan HLB ..	20
Gambar 3.1	Susunan Peralatan Proses Emulsifikasi	37
Gambar 3.2	Geometri dan Dimensi Tangki Emulsifikasi.	38
Gambar 3.3	Rangkaian Alat Sonikator.....	38
Gambar 3.4	Tabung Uji Stabilitas Emulsi	41
Gambar 3.5	Blok Diagram Pembuatan Emulsi Minyak Solar – Air	43
Gambar 4.1	Hasil Emulsi dalam Berbagai Komposisi Surfaktan Setelah Pengadukan	47
Gambar 4.2	Grafik Hubungan antara Komposisi Surfaktan vs Densitas dan Viskositas	52
Gambar 4.3	Grafik Hubungan antara Komposisi Surfaktan (<i>Lecitin-Tween 80</i>) vs <i>Droplet size</i> dan <i>Zeta Potensial</i>	53
Gambar 4.4	Grafik Hubungan antara Komposisi Surfaktan (<i>Lecitin-Triton x-100</i>) vs <i>Droplet size</i> dan <i>Zeta Potensial</i>	54
Gambar 4.5	Hasil Emulsi Minyak Solar-Air dalam Berbagai Konsentrasi	55
Gambar 4.6	Grafik Hubungan antara Konsentrasi Surfaktan vs Densitas dan Viskositas	58
Gambar 4.7	Pengaruh Kecepatan Putar Impeller Terhadap Tinggi Sedimen (Lapisan bawah) sebagai Fungsi Waktu (a) tanpa CMC (b) dengan CMC 0,5%	64
Gambar 4.8	Grafik Pembentukan Emulsi vs Kecepatan Impeller	65

Gambar 4.9	Surfaktan 1% 76,6% <i>Lecitin</i> -23,4% <i>Triton x-100</i> tanpa CMC	68
Gambar 4.10	Pengaruh Kecepatan Putar Impeller terhadap Tinggi Sedimen (Lapisan bawah) sebagai Fungsi Waktu (a) tanpa CMC (b) dengan CMC 0,5%	72
Gambar 4.11	Pengamatan Secara Visual Pengaruh Penambahan Air Terhadap Hasil Emulsi ...	76
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Antara Viskositas dan Densitas <i>Lecitin-Triton x-100</i> terhadap Kadar Air	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penentuan Angka HLB (Davies, 1949)	21
Tabel 2.2	Penelitian Terdahulu	27
Tabel 3.1	Komposisi Surfaktan <i>Lecitin-Tween 80</i> dan <i>Lecitin-Triton x – 100</i>	36
Tabel 3.2	Alat yang digunakan	37
Tabel 4.1	Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Komposisi Surfaktan	48
Tabel 4.2	Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Konsentrasi Surfaktan	56
Tabel 4.3	Hasil Emulsi dengan <i>Pre-treatment</i> dan tidak <i>Pre-treatment</i>	59
Tabel 4.4	Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Kecepatan Impeller dengan 1% Surfaktan 45,5% <i>Lecitin</i> 54,5% <i>Tween 80</i>	60
Tabel 4.5	Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Kecepatan Impeller dengan 1% Surfaktan 45,5% <i>Lecitin</i> – 54,5% <i>Tween 80</i> + CMC 0,5%	62
Tabel 4.6	Viskositas dengan dan Tanpa CMC	66
Tabel 4.7	Densitas dengan dan Tanpa CMC	67
Tabel 4.8	Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Kecepatan Impeller dengan 1% Surfaktan 76,6% <i>Lecitin</i> – 23,4% <i>Triton x-100</i> tanpa CMC	68
Tabel 4.9	Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Kecepatan Impeller dengan 1% Surfaktan 76,6% <i>Lecitin</i> – 23,4% <i>Triton x-100</i> + CMC 0,5%	70
Tabel 4.10	Viskositas dengan dan Tanpa CMC	73
Tabel 4.11	Densitas dengan dan Tanpa CMC	74
Tabel 4.12	Hasil Analisa <i>Droplet size</i> dan <i>Zeta Potensial</i>	74
Tabel 4.13	Hasil Pengamatan Pengaruh Penambahan Air terhadap Kestabilan Emulsi	76
Tabel 4.14	Hasil Pengukuran Lapisan Pengaruh Kadar Air	79

Tabel 4.15	Hasil Analisa <i>Droplet size</i> dan <i>Zeta Potensial</i> pada Penambahan Air	80
------------	--	----

BAB I

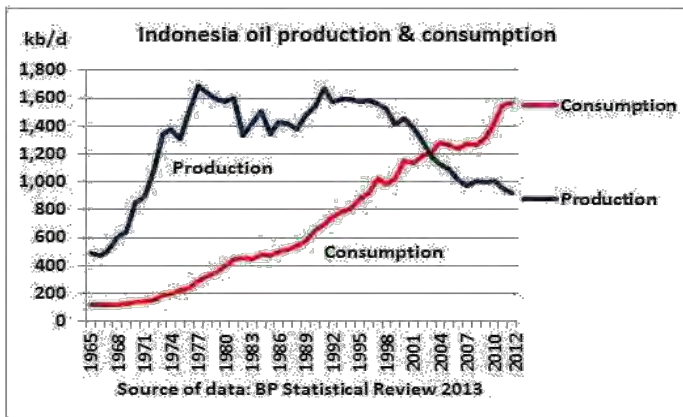
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus berkembang harus ditopang oleh ketersediaan sumber energi terbarukan yang dapat mendukung teknologi tersebut. Sumber energi merupakan sumber utama bagi kehidupan makhluk hidup yang dapat diperoleh dari berbagai macam sumber baik sumber energi yang dapat terbarukan (*renewable energy*) maupun yang tak terbarukan (*unrenewable energy*). Salah satu hasil perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi adalah motor diesel yang saat ini banyak diaplikasikan sebagai sumber penggerak pada sarana transportasi baik darat maupun laut juga sumber tenaga pada proses di industri. Mesin diesel adalah motor bakar pembakaran dalam yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalaan dan membakar bahan bakar dan udara yang telah diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Mesin ini tidak menggunakan busi seperti mesin bensin atau mesin gas. Mesin diesel memiliki efisiensi termal terbaik dibandingkan dengan mesin pembakaran dalam maupun pembakaran luar lainnya, karena memiliki rasio kompresi yang sangat tinggi. Mesin diesel kecepatan-rendah (seperti pada mesin kapal) dapat memiliki efisiensi termal lebih dari 50% (Tatsuo Takaishi dkk). Mesin diesel mulai digunakan untuk kapal dan kapal selam, kemudian diikuti lokomotif, truk, pembangkit listrik, dan peralatan berat lainnya. Pada tahun 1930-an, mesin diesel mulai digunakan untuk mobil. Sejak saat itu, penggunaan mesin diesel terus meningkat dan menurut *British Society of Motor Manufacturing and Traders*, 50% dari mobil baru yang terjual di Uni Eropa adalah mobil bermesin diesel, bahkan di Perancis mencapai 70% (Thomas, Donald E., 1987).

Meningkatnya permintaan motor diesel sebagai sarana transportasi atau sumber tenaga industri secara tidak langsung akan memunculkan permasalahan dalam penyediaan sumber energi untuk pembakaran. Di Indonesia, jumlah kendaraan yang

menggunakan motor diesel mencapai 3.000.000 unit, dengan rincian 2.100.000 unit digunakan pada sarana transportasi darat dan 900.000 unit digunakan untuk sektor transportasi air. Penggunaan motor diesel pada dunia industri mencapai 1.200.000 unit. Sementara, pemenuhan kebutuhan terhadap konsumsi bahan bakar cair khususnya motor diesel sepenuhnya ditopang dari sumber energi bahan bakar fosil yaitu solar yang bersifat tidak terbarukan. Selain itu, ketersediaan bahan bakar fosil sebagai sumber utama bahan bakar solar semakin menipis. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian bahwa jika tidak ditemukan sumur minyak bumi baru maka cadangan minyak bumi nasional hanya mampu memenuhi kebutuhan hingga 10-15 tahun mendatang (Ismail *et al.*, 2012).



Gambar 1.1 Grafik Produksi dan Konsumsi Minyak di Indonesia

Dari **Gambar 1.1** di atas terlihat bahwa konsumsi solar di Indonesia semakin meningkat sedangkan produksinya turun dari tahun ke tahun. Faktor lain yang menjadi masalah dari penggunaan bahan bakar fosil karena tidak dapat diperbaharui dan tingginya efek polutan dari hasil pembakaran bahan bakar kendaraan. Dari seluruh total sumber pencemaran udara, sektor transportasi memberikan kontribusi sebesar 70% dan sektor industri mencapai 23% dalam hal penyumbang pencemaran udara. Dengan peningkatan permintaan sarana transportasi sebesar 4-5% per

tahun, khususnya yang bermesin diesel. Selain itu, polusi akibat emisi gas buang hasil pembakaran motor diesel mempunyai dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Emisi tersebut terdiri dari partikulat-partikulat, residu karbon, karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO₂), sulfur oksida (SO_x), dan nitrogen oksida (NO_x), yang masing-masing mempunyai dampak berbeda bagi perusakan kesehatan manusia dan lingkungan (Ismail *et al.*, 2012).

Permasalahan tersebut perlu diatasi dengan usaha yang tepat. Salah satunya adalah dengan mensubstitusikan penggunaan bahan bakar motor diesel dengan bahan bakar campuran air dan solar yang diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar solar dan mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan, penggunaan campuran bahan bakar air dan solar mampu mengurangi emisi NO_x karena terjadinya proses ledakan mikro (*microexplosion*) dalam proses pembakaran. Ledakan mikro ini terjadi karena perbedaan titik didih antara kedua fluida.

Kualitas dan stabilitas emulsi minyak solar-air dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, tipe surfaktan, jumlah surfaktan, rasio minyak solar / air, bahan penstabil, kecepatan putar impeller dan metode penambahan air. Dalam penelitian ini akan lebih fokus pada pengaruh kecepatan putar impeller terhadap emulsi. Penelitian tentang emulsi minyak solar – air telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu dengan berbagai macam kecepatan pengadukan. Menurut Singh (2012) menggunakan kecepatan putar 15.000 rpm, El-din dkk (2013), menggunakan kecepatan putar 30.000 rpm, Denni dan Retno (2015), menggunakan kecepatan putar 6000 rpm, Luthfiana dkk (2016), menggunakan kecepatan putar 400 rpm dan El-din dkk (2017), melakukan penelitian kembali menggunakan kecepatan putar yaitu 1.450 rpm. Kecepatan putar yang rendah tidak membutuhkan konsumsi energi yang tinggi.

I.2 Rumusan Masalah

Penelitian terdahulu rata-rata menggunakan kecepatan putar yang tinggi dimana membutuhkan energi yang tinggi, sehingga kami ingin melakukan penelitian dengan memvariasikan kecepatan putar rendah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap stabilitas emulsi minyak solar-air.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah disini diperlukan agar persoalan lebih terpusat dan terarah. Dalam hal ini batasan-batasan yang diambil adalah sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan adalah solar dex (produksi pertamina), air (*aquabidest*), dan surfaktan.
2. Percobaan dilakukan dengan penambahan kecepatan putar *impeller*, kadar air dan surfaktan pada solar melalui proses emulsifikasi menggunakan pengadukan dan sonikasi.
3. Percobaan dilakukan di laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran Teknik Kimia ITS.
4. Menentukan kecepatan putar paling optimum dan perbandingan kadar solar (produksi pertamina) dan air dengan memakai surfaktan.
5. Pengujian hasil proses emulsi solar-air dengan penambahan surfaktan dilakukan menggunakan metode pengukuran densitas, viskositas, suhu, stabilitas emulsi dan mengukur *droplet size* serta *zeta potensial*.
6. Tidak dilakukan pengamatan hasil emulsi di mesin diesel.
7. Tidak diperhitungkan pengamatan kadar NOx yang dihasilkan.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian antara lain :

1. Menentukan pengaruh kecepatan putar *impeller* untuk emulsi minyak solar-air.
2. Membuat bahan bakar dari minyak solar-air dengan metode emulsi.

3. Menentukan komposisi surfaktan, konsentrasi surfaktan, air, dan kecepatan pengadukan.
4. Mempelajari pengaruh komposisi solar, air, dan surfaktan dalam pembentukan emulsi dengan cara menguji densitas, viskositas, *droplet size*, *zeta potensial*, visualisasi dan stabilitas emulsi, dari hasil emulsi minyak solar-air dan surfaktan.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui kecepatan putar *impeller* yang optimal, menghasilkan emulsi minyak solar-air yang lebih stabil, sehingga dapat digunakan untuk mensubstitusi penggunaan solar murni sebagai bahan bakar. Selanjutnya diharapkan bisa mengurangi kandungan NOx pada hasil pembakaran di mesin diesel dan juga sebagai pengetahuan untuk penelitian lebih lanjut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembakaran

Bahan bakar adalah suatu material yang dapat menghasilkan panas melalui proses pembakaran. Proses pembakaran pada dasarnya adalah proses oksidasi bahan bakar dengan oksigen. Proses pembakaran dapat terjadi bila konsentrasi antara uap bahan bakar dan oksigen terpenuhi, dan terdapat energi panas yang cukup.

Tujuan dari pembakaran yang sempurna adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar ekonomis dan berkurangnya kepekatan asap hitam gas buang karena pada pembakaran sempurna campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar seluruhnya dalam waktu dan kondisi yang tepat. Kualitas bahan bakar perlu diperhatikan sesuai dengan karakteristiknya sehingga homogenitas campuran bahan bakar dengan udara dapat terjadi secara sempurna agar terjadi pembakaran yang sempurna. Viskositas bahan bakar adalah salah satu karakteristik bahan bakar yang sangat menentukan kesempurnaan proses pembakaran. Viskositas yang tinggi menyebabkan aliran solar terlalu lambat. Tingginya viskositas menyebabkan beban pada pompa injeksi menjadi lebih besar dan pengkabutan saat injeksi kurang sempurna sehingga bahan bakar sulit terbakar. Pembakaran merupakan reaksi kimia yang bersifat eksotermis dari unsur-unsur yang ada di dalam bahan bakar dengan oksigen serta menghasilkan panas. Proses pembakaran memerlukan udara, namun jumlah udara yang dibutuhkan tidak diberikan dalam jumlah yang tepat secara stoikiometri, namun dilebihkan. Hal ini bertujuan supaya pembakaran berlangsung sempurna.

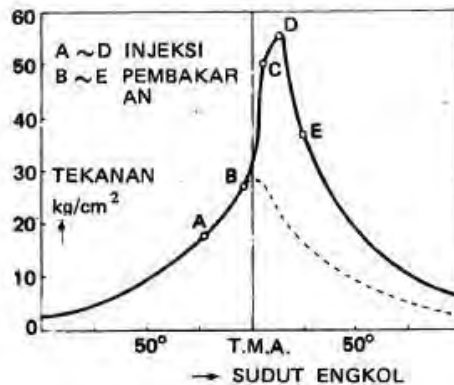
Bahan bakar gas akan terbakar pada keadaan normal jika terdapat udara yang cukup. Hampir 79% udara (tanpa adanya oksigen) merupakan nitrogen, dan sisanya merupakan elemen

lainnya. Nitrogen dianggap sebagai pengencer yang menurunkan suhu yang harus ada untuk mencapai oksigen yang dibutuhkan untuk pembakaran.

Nitrogen mengurangi efisiensi pembakaran dengan cara menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan pengenceran gas buang. Nitrogen juga mengurangi transfer panas pada permukaan alat penukar panas, juga meningkatkan volum hasil samping pembakaran. Nitrogen ini juga dapat bergabung dengan oksigen (terutama pada suhu nyala yang tinggi) untuk menghasilkan oksida nitrogen (NO_x), yang merupakan pencemar beracun.

Pada fenomena pembakaran yang terkontrol secara difusi akan muncul, apabila *mixing* lemah, aliran dan difusi berjalan lambat serta reaksi kimia berjalan cepat. Pada saat bahan bakar dipanaskan, butiran-butiran kecil air (yang diselubungi minyak dengan titik didih yang lebih tinggi) akan cepat menguap dan berekspansi, memecah droplet bahan bakar yang menyelubunginya menjadi droplet yang lebih kecil dan lebih banyak. Proses ini disebut dengan *microexplosion* atau atomisasi sekunder yang menghasilkan droplet bahan bakar yang sangat halus yang dapat menguap dan terbakar lebih cepat dan sempurna dari pada droplet bahan bakar yang besar yang dihasilkan dari atomisasi mekanis (Sarjono, 2009).

Menurut Arismunandar (2002) proses pembakaran pada motor diesel dibagi menjadi 4 periode seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1. Proses Pembakaran Mesin Diesel
(Arismunandar, 2002)

2.2 Bahan Penyusun Polutan

Pengendalian emisi polutan merupakan faktor utama dalam perancangan sistem pembakaran sekarang ini. Efek yang ditimbulkan oleh emisi gas buang dari mesin meliputi perubahan sifat atmosfer, merusak tumbuh tumbuhan dan material serta meningkatnya penyakit dan kematian pada manusia (Bedford, 2000).

Kendaraan menghasilkan dua macam bentuk racun, yang terlihat oleh mata dan yang tak terlihat oleh mata. Racun yang terlihat oleh mata adalah PM (*Particulate Matter*) yaitu jelaga, asap hitam, tar, dan hidrokarbon yang tak terbakar. Racun yang tidak terlihat oleh mata adalah NO_x , CO, dan hidrokarbon.

Jika suhu dalam ruang bakar terlalu rendah maka jumlah PM akan meningkat dan jika suhu terlalu tinggi maka NO_x yang akan meningkat. Dalam mesin diesel, formasi unsur NO_x sangat dipengaruhi oleh peningkatan suhu dalam ruang bakar. Maka dari itu, penting dilakukan untuk menjaga temperature ruang bakar pada posisi tertentu.

2.2.1 Oksida Nitrogen (NO_x)

Oksida Nitrogen (NO_x) adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Walaupun ada bentuk oksida nitrogen lainnya, tetapi kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Nitrogen monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya nitrogen dioksida berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam (Sayuti, 2012). NO_x dihasilkan dari reaksi antara oksigen dan nitrogen pada proses nyala atau dapat juga dihasilkan dari kilatan petir (*Thermal NO_x*). Selain itu NO_x juga dapat dihasilkan dari pembakaran yang mengandung karbon aktif dan konversi nitrogen yang terdapat dalam bahan bakar menjadi NO_x seperti batu bara, minyak dan sebagainya (Alfiah, 2009). Di dalam mesin diesel, NO_x akan banyak diproduksi dalam periode pembakaran cepat akibat terjadinya beban termal lokal dan juga temperatur yang sangat tinggi. Rendahnya tingkat NO_x di udara dapat mengiritasi mata, hidung, tenggorokan, dan paru-paru.

Selain NO_x juga terbentuk SO_x yang merupakan produk alami dari proses pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur. Produk pembakaran ini sebagian besar akan berbentuk SO₂ dan sebagian kecil adalah SO₃. Di dalam atmosfer SO₂ akan berubah lanjut menjadi SO₃.

2.2.2 Karbon Monoksida

Karbon monoksida adalah suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau, yang dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna di dalam ruang bakar. Emisi CO dari motor bakar ditentukan terutama oleh equivalen rasio bahan bakar udara. Namun karena mesin diesel selalu dioperasikan pada daerah miskin campuran udara bahan bakar maka konsentrasi CO relatif rendah. Gas CO merupakan hasil oksidasi karbon dan apabila jumlah udara mencukupi akan terjadi oksidasi lanjut menjadi CO₂.

2.2.3 Hidrokarbon (HC)

Emisi hidrokarbon (HC) merupakan konsekuensi dari pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar hidrokarbon. Emisi HC bisa berbentuk bahan bakar yang belum terbakar atau dalam bentuk yang sudah terurai dan mempunyai nilai minimum pada daerah campuran kurus.

2.2.4 Particulate Matter

Particulate Matter (PM) adalah partikel tersuspensi yang merupakan campuran partikel solid dan droplet cair. Partikel asap cenderung sangat kecil dengan ukuran hampir sama dengan panjang gelombang cahaya yang terlihat atau 0,4-0,7 μm . Partikel asap tersebut hampir sama dengan fraksi partikel PM_{2,5} sehingga dapat menyebar dalam cahaya dan mengganggu jarak pandang. Partikel halus dapat terinhalasi ke dalam paru sehingga lebih berisiko mengganggu kesehatan dibandingkan partikel lebih besar (Amman, 2008).

2.3 Emulsi

Emulsi adalah suatu sistem yang tidak stabil secara termodinamika yang mengandung paling sedikit dua fase cair yang tidak bercampur, satu diantaranya didispersikan sebagai globul dalam fase cair lain. Sistem ini dibuat stabil dengan bantuan suatu zat pengemulsi atau emulgator (Martin, 1993). Zat pengemulsi (emulgator) merupakan komponen yang paling penting agar memperoleh emulsi yang stabil (Anief, 1996).

Salah satu fase cair dalam suatu emulsi terutama bersifat polar (contoh : air), sedangkan lainnya relative nonpolar (contoh : minyak).

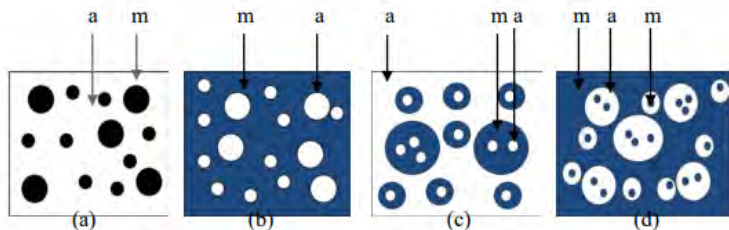
2.3.1 Jenis Emulsi

Berdasarkan jenisnya, emulsi dibagi dalam empat golongan, yaitu :

- a. Sistem emulsi minyak dalam air (M/A) adalah sistem dengan fasa terdispersinya (fasa diskontinyu) adalah minyak dan fasa pendispersinya (fasa kontinyu) adalah air.

Fase minyak akan didispersikan sebagai bola-bola ke seluruh fase kontinyu air.

- b. Sebaliknya, emulsi air dalam minyak (A/M) adalah emulsi dengan air sebagai fasa terdispersi dan minyak sebagai fasa pendispersinya.
- c. Emulsi minyak dalam air dalam minyak (M/A/M)
Selain dua tipe emulsi yang telah disebutkan sebelumnya, ada suatu sistem emulsi yang lebih kompleks yang dikenal dengan emulsi ganda, dapat dibuat dengan mencampurkan suatu pengemulsi M/A dengan fase air dalam suatu mixer dan perlahan-lahan menambahkan fase minyak untuk membentuk suatu emulsi minyak dalam air (Martin, et al., 1993).
- d. Emulsi air dalam minyak dalam air (A/M/A)
Dapat dibuat dengan mencampurkan suatu pengemulsi A/M dengan suatu fase minyak dalam suatu mixer dan perlahan-lahan menambahkan fase air untuk membentuk suatu emulsi air dalam minyak.



Gambar 2.2 Jenis-Jenis Emulsi

Stabilitas dari emulsi dipengaruhi secara langsung oleh teknik emulsi, waktu emulsi, fraksi volume air (sebagai fase terdispersi), viskositas fase kontinyu (solar), kecepatan putar (atau frekuensi ultrasonic), dan konsentrasi surfaktan (Chen, 2005).

Adapun macam-macam emulgator yang digunakan adalah:

- a. Emulgator alam (tumbuhan, hewan, tanah mineral) : diperoleh dari alam tanpa melalui proses). Contoh : Gom arap, tragacanth, agar-agar, chondrus, pectin, metil selulosa, kuning telur, adep lanae, magnesium, aluminium silikat, veegum, bentonit.
- b. Emulgator buatan : dibuat secara sintetiks. Contoh : Sabun; Tween 20, 40, 60, 80; Span 20, 40, 80 (Tamzil *et al.*, 2009).

2.3.2 Metode Untuk Membedakan Antara Emulsi M/A dan Emulsi A/M

1. Penampakan visual
 - Emulsi A/M biasanya berwarna putih keruh
 - Emulsi M/A berwarna lebih gelap dan menunjukkan tekstur minyak (Gita, 2016).
2. Metode Dilusi

Meneteskan emulsi dalam permukaan air

 - Emulsi M/A jika penyebarannya sempurna
 - Emulsi A/M jika tidak terjadi perubahan dan tetesan emulsi tadi mengapung di permukaan air.
3. Metode Pewarnaan

Sejumlah kecil zat warna yang larut dalam air, seperti metilen biru atau *brilliant blue* FCF bisa ditaburkan pada permukaan suspense. Jika air merupakan fase luar, yakni jika emulsi tersebut bertipe M/A, zat warna tersebut akan melarut didalamnya dan berdifusi merata ke seluruh bagian dari air tersebut. Jika emulsi bertipe A/M, partikel-partikel zat warna akan tinggal bergerombol pada permukaan (Martin, et al., 1993).
4. Metode Pengenceran Fase

Jika emulsi tersebut bercampur sempurna dengan air, makai ia termasuk bertipe M/A dan apabila tidak dapat diencerkan adalah tipe A/M (Anief, 1994).

2.4 Teori Terjadinya Emulsi

Untuk mengetahui proses terbentuknya emulsi dikenal 4 macam teori, yang melihat proses terjadinya emulsi dari sudut pandang yang berbeda-beda. Teori tersebut ialah :

2.4.1. Teori tegangan permukaan (*Surface Tension*)

Molekul memiliki daya tarik menarik antara molekul yang sejenis yang disebut dengan daya kohesi. Selain itu molekul juga memiliki daya tarik menarik antara molekul yang tidak sejenis yang disebut dengan daya adhesi. Daya kohesi suatu zat selalu sama, sehingga pada permukaan suatu zat cair akan terjadi perbedaan tegangan karena tidak adanya keseimbangan daya kohesi. Tegangan yang terjadi pada permukaan tersebut dinamakan tegangan permukaan. Dengan cara yang sama dapat dijelaskan terjadinya perbedaan tegangan bidang batas dua cairan yang tidak dapat bercampur. Tegangan yang terjadi antara dua cairan tersebut dinamakan tegangan bidang batas.

Semakin tinggi perbedaan tegangan yang terjadi pada bidang mengakibatkan antara kedua zat cair itu semakin susah untuk bercampur. Tegangan yang terjadi pada air akan bertambah dengan penambahan garam-garam anorganik atau senyawa-senyawa elektrolit, tetapi akan berkurang dengan penambahan senyawa organik tertentu antara lain sabun.

Didalam teori ini dikatakan bahwa penambahan emulgator akan menurunkan dan menghilangkan tegangan permukaan yang terjadi pada bidang batas sehingga antara kedua zat cair tersebut akan mudah bercampur.

2.4.2. Teori orientasi bentuk baji (*Oriented Wedge*)

Setiap molekul emulgator dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :

- a) Kelompok hidrofilik, yakni bagian dari emulgator yang suka pada air.
- b) Kelompok lipofilik, yakni bagian yang suka pada minyak.

2.4.3. Teori Interparsial Film

Teori ini mengatakan bahwa emulgator akan diserap pada batas antara air dan minyak, sehingga terbentuk lapisan film yang

akan membungkus partikel fase dispers. Dengan terbungkusnya partikel tersebut maka usaha antara partikel yang sejenis untuk bergabung menjadi terhalang. Dengan kata lain fase dispersi menjadi stabil.

Untuk memberikan stabilitas maksimum pada emulsi, syarat emulgator yang dipakai adalah :

- a) Dapat membentuk lapisan film yang kuat tapi lunak.
- b) Jumlahnya cukup untuk menutup semua permukaan partikel fase dispers.
- c) Dapat membentuk lapisan film dengan cepat dan dapat menutup semua permukaan partikel dengan segera.

2.4.4 Teori *electric double layer* (lapisan listrik ganda)

Jika minyak terdispersi kedalam air, satu lapis air yang langsung berhubungan dengan permukaan minyak akan bermuatan sejenis, sedangkan lapisan berikutnya akan bermuatan yang berlawanan dengan lapisan didepannya. Dengan demikian seolah-olah tiap partikel minyak dilindungi oleh dua benteng lapisan listrik yang saling berlawanan. Benteng tersebut akan menolak setiap usaha dari partikel minyak yang akan menggandakan penggabungan menjadi satu molekul besar. Karena susunan listrik yang menyelubungi setiap partikel minyak mempunyai susunan yang sama. Dengan demikian antara sesama partikel akan tolak menolak dan stabilitas emulsi akan bertambah.

Terjadinya muatan listrik disebabkan oleh salah satu dari ketiga cara dibawah ini (Tamzil *et al.*, 2009).

- a) Terjadinya ionisasi dari molekul pada permukaan partikel.
- b) Terjadinya absorpsi ion oleh partikel dari cairan disekitarnya
- c) Terjadinya gesekan partikel dengan cairan disekitarnya

2.4.5 Ketidakstabilan Emulsi

Emulsi yang secara termodinamika tidak stabil umumnya disebabkan oleh tingginya energi bebas permukaan yang terbentuk. Hal ini terjadi karena pada proses pembuatannya luas permukaan

salah satu fase akan bertambah berlipat ganda, sedangkan seluruh sistem umumnya cenderung kembali kepada posisinya yang paling stabil, yaitu pada saat energi bebasnya paling rendah. Oleh karena itu, globul-globul akan bergabung sampai akhirnya sistem memisah kembali. Berdasarkan fenomena tersebut dikenal beberapa peristiwa ketidakstabilan emulsi yaitu, *creaming*, koalesen, dan demulsifikasi.

Flokulasi dan *creaming* terjadi karena penggabungan kembali globul terdispersi yang disebabkan oleh adanya energi bebas permukaan. Flokulasi adalah suatu peristiwa terbentuknya kelompok-kelompok globul yang posisinya tidak beraturan di dalam emulsi, sedangkan *creaming* merupakan suatu peristiwa terjadinya lapisan-lapisan dengan konsentrasi yang berbeda-beda di dalam emulsi. Lapisan-lapisan tersebut terjadi karena pengaruh faktor gravitasi. Pada kedua peristiwa tersebut, emulsi masih dapat diperbaiki melalui pengocokan.

Koalesen dan demulsifikasi terjadi bukan semata-mata karena energi bebas permukaan, tetapi juga disebabkan oleh ketidaksempurnaan pelapisan globul. Koalesen adalah peristiwa terjadinya penggabungan globul-globul menjadi lebih besar, sedangkan demulsifikasi terjadi akibat proses lanjutan dari koalesen. Untuk kedua peristiwa ini, emulsi tidak dapat diperbaiki melalui pengocokan.

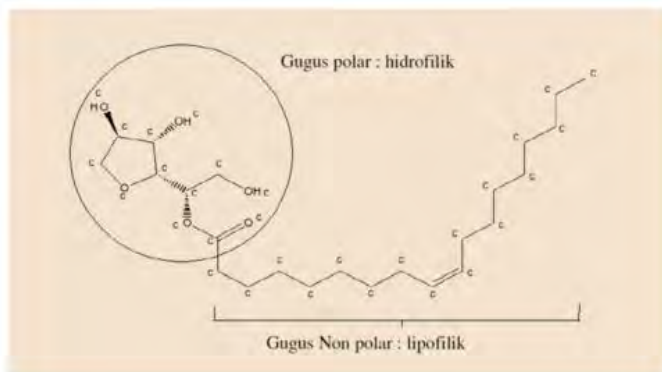
Ketidakstabilan emulsi yang lain adalah terjadinya inversi fasa, inversi fasa terjadi bila emulsi yang semula merupakan emulsi minyak dalam air berubah menjadi emulsi air dalam minyak. Inversi fasa dapat terjadi karena jumlah fasa terdispersi ditingkatkan hingga mencapai atau melebihi batas maksimum yaitu 74% dari volume total, perubahan suhu, atau penambahan bahan yang dapat mengganggu kestabilan emulsi. Inversi fasa juga dapat terjadi karena penggunaan peralatan yang kotor atau prosedur pencampuran yang salah (Lund, 1994).

2.5 Surfaktan

2.5.1 Pengertian dan Sifat Surfaktan

Surfaktan adalah suatu zat yang mempunyai kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan (*surface tension*) suatu medium dan menurunkan tegangan antarmuka (*interfacial tension*) antar dua fase yang berbeda derajat polaritasnya. Istilah antarmuka menunjuk pada sisi antara dua fase yang tidak saling melarutkan, sedangkan istilah permukaan menunjuk pada antarmuka dimana salah satu fasenya berupa udara (gas) (Rosen, 1989).

Surfaktan atau *surface active agent* adalah molekul-molekul yang mengandung gugus hidrofilik (suka air) dan lipofilik (suka minyak/lemak) pada molekul yang sama (Sheat dan Foster, 1997). Surfaktan terbagi menjadi dua bagian yaitu kepala dan ekor. Gugus hidrofilik berada di bagian kepala (polar) dan lipofilik di bagian ekor (non polar). Bagian polar molekul surfaktan dapat bermuatan positif, negatif, atau netral. Umumnya bagian non polar (lipofilik) adalah merupakan rantai alkil yang panjang, sementara bagian yang polar (hidrofilik) mengandung gugus hidroksil. Molekul surfaktan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Sumber : wikipedia.org

Gambar 2.3 Molekul Surfaktan

2.5.2 Klasifikasi Surfaktan

Berdasarkan muatan ion pada gugus hidrofiliknya, surfaktan dikelompokkan menjadi 4 kelompok, yaitu surfaktan anionik, kationik, amfoterik dan nonionik.

a) Surfaktan Anionik

Surfaktan anionik bermuatan negatif pada bagian hidrofiliknya. Aplikasi utama dari surfaktan anionik yaitu untuk deterjensi, pembusaan dan emulsifier pada produk-produk perawatan diri (*personal care product*), detergen dan sabun. Kelemahan surfaktan anionik adalah sensitif terhadap adanya mineral dan perubahan pH. Contoh surfaktan anionik, yaitu linier alkil benzen sulfonat, alkohol sulfat, alkohol eter sulfat, metil ester sulfonat (MES), fatty alkohol eter fosfat.

b) Surfaktan Kationik

Surfaktan kationik bermuatan positif pada bagian hidrofiliknya. Surfaktan kationik banyak digunakan sebagai bahan antikorosi, antistatik, *flotation collector*, pelunak kain, kondisioner, dan bakterisida. Kelemahan surfaktan jenis ini adalah tidak memiliki kemampuan deterjensi bila diformulasikan ke dalam larutan alkali. Contoh surfaktan kationik, yaitu fatty amina, fatty amidoamina, fatty diamina, fatty amina oksida, tertiar amina etoksilat, dimetil alkil amina dan dialkil metil amina.

c) Surfaktan Nonionik

Surfaktan nonionik tidak memiliki muatan, tetapi mengandung grup yang memiliki afinitas tinggi terhadap air yang disebabkan adanya interaksi kuat dipol-dipol yang timbul akibat ikatan hidrogen. Aplikasi surfaktan nonionik umumnya pada detergen untuk suhu rendah dan sebagai emulsifier. Keunggulan surfaktan ini adalah tidak terpengaruh oleh adanya air sadah dan perubahan pH. Contoh surfaktan nonionik adalah dietanolamida, alkohol etoksilat, sukrosa ester, fatty alkohol poliglikol eter, gliserol monostearat, sukrosa distearat, sorbitan monostearat, sorbitan monooleat, gliserol monooleat dan propilen glikol monostearat.

d) Surfaktan Amfoterik

Surfaktan amfoterik memiliki gugus positif dan negatif pada molekul yang sama sehingga rantai hidrofobik dikat oleh bagian hidrofilik yang mengandung gugus positif dan negatif. Surfaktan amfoterik sangat dipengaruhi oleh perubahan pH, dimana pada pH rendah berubah menjadi surfaktan kationik dan pada pH tinggi akan berubah menjadi surfaktan anionik. Surfaktan jenis ini umumnya diaplikasikan pada produk sampo dan kosmetik. Contohnya adalah fosfatidilkolin (PC), fosfatidiletanolamina (PE), lesitin, asam aminokarboksilat dan alkil betain.

2.5.3 Karakteristik Surfaktan

a. Tegangan Permukaan

Tiap molekul dalam suatu zat cair bergerak dan selalu dipengaruhi oleh molekul tetangganya. Suatu molekul yang berada di tengah-tengah sejumlah zat cair mengalami gaya tarik-menarik molekul tetangganya yang hampir sama dalam semua jurusan. Molekul yang ada di permukaan zat cair tidak dikelilingi seluruhnya oleh molekul-molekul tetangganya dan hanya mengalami gaya tarik-menarik dari molekul-molekul disamping dan dibawahnya.

b. Tegangan Antarmuka

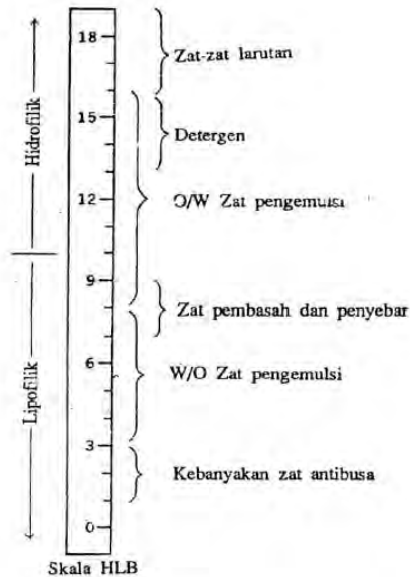
Tegangan antarmuka adalah gaya per satuan panjang yang terjadi pada antarmuka antara dua fase cair yang tidak dapat tercampur. Tegangan antar muka selalu lebih kecil dari tegangan muka, sebab gaya adhesive antara dua fase cair yang membentuk antarmuka lebih besar dari gaya adhesif antara fase cair dan fase gas yang membentuk antarmuka (Moecthar,1989).

c. Hydrophilic Lipophilic Balance (HLB)

HLB merupakan suatu parameter untuk mengkorelasikan secara kuantitatif struktur surfaktan dengan aktifitas permukaannya. Secara formal, harga HLB diberikan dalam kisaran skala 0-20. Semakin tinggi nilai HLB menunjukkan surfaktan makin bersifat hidrofilik sehingga lebih mudah larut dalam air dan pada umumnya digunakan sebagai bahan pelarut (*solubilizing agents*) yang baik, detergen, dan penstabil untuk

emulsi M/A. Sementara bila nilai HLB semakin rendah menunjukkan kelarutan dalam air yang rendah sehingga sering digunakan sebagai pelarut air dalam minyak dan penstabil emulsi A/M yang baik (Myers, 2006).

Skala HLB dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.4** (Martin, 1993)



Gambar 2.4 Skala Fungsi Surfaktan Berdasarkan HLB

Secara teori harga HLB suatu bahan dapat dihitung berdasarkan gugus fungsi hidrofil, lipofil dan derivatnya, seperti dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Penentuan Angka HLB (Davies, 1949)

Parameter	HLB
1. Angka grup hydrophilic	
-SO ₄ Na	35,7
-COOK	21,1
-COONa	19,1
-N (amin tersier)	9,4
Ester (cincin sorbitan)	6,3
Ester (free)	2,4
-COOH	2,1
-OH (free)	1,9
-O-	1,3
-OH (cincin sorbitan)	0,5
2. Angka grup lipofilic	
-CF ₃	-0,870
-CF ₂ -	-0,870
-CH ₃	-0,475
-CH ₂ -	-0,475
-CH	-0,475
HLB = 7 + Σ (angka gugus hidrofilik) + Σ (angka gugus lipofilik)	

d. Kemampuan Pembusaan

Kebanyakan surfaktan dalam larutan dapat membentuk busa, baik diinginkan maupun tidak diinginkan dalam penggunaannya. Kestabilan busa diperoleh dari adanya zat pembusa (surfaktan). Zat pembusa ini teradsorpsi ke daerah antarfase dan mengikat gelembung-gelembung gas sehingga diperoleh suatu kestabilan (Ware *et al.*, 2007). Kemampuan pembusaan surfaktan dipengaruhi oleh panjang rantai hidrokarbon. Dibandingkan dengan surfaktan anionik sebagai agen pembusa yang telah lama digunakan, surfaktan nonionik dianggap sebagai surfaktan yang memiliki kemampuan pembusaan yang lebih rendah.

e. *Critical Micelle Concentration*

- Micelle adalah kumpulan unit yang terdiri dari sejumlah molekul bahan aktif permukaan (*surface active material*).
- Micelle dapat melarutkan kotoran dan minyak dengan cara mengangkat kotoran tersebut dari permukaan dan mendispersikannya ke larutan.
- *Critical Micelle Concentration* adalah konsentrasi surfaktan dimana sejumlah *micelle* terbentuk dan mampu memisahkan kotoran.
- *Critical Micelle Concentration* untuk mengukur efisiensi surfaktan. Nilai *Critical Micelle Concentration* yang rendah menunjukkan bahwa makin sedikit surfaktan yang diperlukan untuk menjenuhkan permukaan dan membentuk *micelle*.
- Untuk mendapatkan kinerja pembersihan yang optimal, umumnya konsentrasi surfaktan yang digunakan adalah 1-5%.

Penambahan surfaktan dalam larutan akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan larutan. Setelah mencapai konsentrasi tertentu, tegangan permukaan akan konstan walaupun konsentrasi surfaktan ditingkatkan. Bila surfaktan ditambahkan melebihi konsentrasi ini maka surfaktan mengagregasi membentuk misel. Tegangan permukaan akan menurun hingga CMC tercapai. Setelah CMC tercapai, tegangan permukaan akan konstan yang menunjukkan bahwa antar muka menjadi jenuh dan terbentuk misel yang berada dalam keseimbangan dinamis dengan monomernya (Genaro, 1990).

2.6 Minyak Solar

Minyak solar adalah bahan bakar jenis distilat berwarna kuning kecoklatan yang jernih. Minyak solar adalah campuran kompleks hidrokarbon $C_{15} - C_{20}$, yang mempunyai titik didih antara 260–315°C. Mutu minyak solar yang baik adalah bahwa minyak solar harus memenuhi batasan sifat – sifat yang tercantum pada spesifikasi dalam segala cuaca. Secara umum minyak solar

adalah mudah teratomisasi menjadi *droplet* yang kecil, sehingga dapat segera menyala dan terbakar dengan sempurna sesuai dengan kondisi dalam ruang bakar mesin. Penggunaan minyak solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (diatas 1.000 rpm), yang juga dapat dipergunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur-dapur kecil, yang terutama diinginkan pembakaran yang bersih. Minyak solar ini biasa disebut juga automotive diesel oil, *high speed diesel*.

Bahan bakar hidrokarbon yang diemulsi dengan air dimaksudkan untuk memperbaiki efisiensi pembakaran dan mereduksi emisi gas buang. Bahan bakar emulsi adalah droplet air yang sangat halus yang terdapat dalam minyak solar, menggunakan *additive* untuk menjaga pemisahan air dari emulsi (Sadler, 2003). Akibat adanya tegangan permukaan yang lebih besar pada minyak solar dibandingkan dengan tegangan permukaan pada air, maka air tidak akan larut di dalam minyak solar. Percampuran antara air dan minyak solar akan menimbulkan gejala permukaan yakni apabila ke dua permukaan saling berdekatan maka kulit elektron atom ke dua cairan tersebut menahan deformasi sehingga menghasilkan gaya tolak yang lebih besar bila jaraknya mengecil (Hartomo dan Widiatmoko, 1993).

Emulsifier dapat menurunkan tegangan permukaan air dan minyak solar, sehingga ke duanya dapat larut membentuk emulsi. Untuk menstabilkan tegangan permukaan antara solar-air serta untuk memperoleh bentuk campuran yang homogen digunakan pengemulsi yang berfungsi sebagai surfaktan. Dalam penelitian ini akan digunakan Lesitin Soya, Tween 80, dan Triton x-100 sebagai bahan pengemulsi solar-air.

Lesitin dengan nama lain fosfatidilkolin, suatu fosfolipid yang merupakan komponen utama fraksi fosfatida yang dapat diisolasi dari kuning telur dan kacang kedelai, yang diekstrak secara mekanik maupun kimiawi menggunakan heksan. Lesitin secara komersial untuk keperluan pengemulsi, dan lesitin efektif

memperendah tegangan interfasial antara minyak dan air, tetapi mampu menjaga kestabilan emulsi (Hartomo, 1993). Lesitin dapat dihasilkan dari bahan pangan hewani maupun nabati, tetapi lesitin dari nabati mempunyai sifat lebih baik dari lesitin hewani. Lesitin nabati, dalam hal ini lesitin dari kedelai mempunyai keunggulan lebih dibanding lesitin dari bahan lain (Anonymous, 2006). Lesitin banyak terdapat pada biji-bijian dan digunakan untuk jenis emulsi A/M. Sebagai emulsifier, lesitin soya memiliki nilai HLB 4 dan juga lesitin memiliki harga yang ekonomis.

Tween 80 memiliki nama lain polisorbat 80 dengan bentuk fisik berupa cairan kental, transparan, tidak berwarna, dan hampir tidak mempunyai rasa. Tween 80 mudah larut dalam air, yang memiliki kegunaan sebagai emulgator fase air. Tween 80 memiliki nilai HLB 15.

2.7 Air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

2.8 Penstabil CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*)

Menurut Khairani (2007), penstabil digunakan untuk menstabilkan (menghindari terjadinya pemisahan antara padatan dan cairan) atau mengentalkan hasil olahan. Beberapa bahan penstabil yang digunakan adalah gelatin, agar-agar, CMC, dan pektin. CMC banyak digunakan sebagai stabilizer dalam pembuatan salad dressing.

CMC adalah ester polimer selulosa yang larut dalam air dibuat dengan mereaksikan Natrium Monoklorasetat dengan selulosa basa (Fardiaz, 1987). CMC akan terdispersi dalam air, kemudian butir-butir CMC yang bersifat hidrofilik akan menyerap air dan terjadi pembengkakan air yang sebelumnya ada di luar granula dan bebas bergerak tidak dapat bergerak lagi dengan bebas sehingga keadaan larutan lebih mantap dan terjadi peningkatan viskositas. (Fennema, Karen and Lund 1996).

Carboxy Methyl Cellulose (CMC) merupakan turunan selulosa yang mudah larut dalam air. Oleh karena itu CMC mudah dihidrolisis menjadi gula-gula sederhana oleh enzim selulase dan selanjutnya difermentasi menjadi etanol oleh bakteri (Masfufatun, 2010).

2.9 Homogenizer

Homogenisasi merupakan proses mengubah dua cairan yang sifatnya *immisible* (tidak bercampur) menjadi sebuah emulsi. Homogenisasi di dalam teknologi pencampuran, emulsifikasi dan suspensi dikenal sebagai operasi yang pada dasarnya terdiri dari dua tahap yaitu pertama pengecilan ukuran droplet pada fase bagian dalam dan kedua yang merupakan tahap simultan pendistribusian droplet kedalam fase kontinu (Wirakartakusumah, 1992). Alat yang dirancang untuk melakukan proses emulsi disebut homogenizer.

Rotor-stator homogenizer bekerja pada tekanan yang lebih rendah sehingga membutuhkan energi yang lebih sedikit, bila partikel ingin lebih dikecilkan ukurannya, sejumlah energi tambahan tetap harus diberikan dari luar. Energi yang dibutuhkan untuk memecah droplet atau partikel datang dari rotor yang juga memutar alat pengaduk (*disc*) (Wirakartakusumah, 1992).

Prinsip kerja homogenizer rotor stator adalah mengecilkan ukuran partikel emulsi dengan menggerus dan memotong partikel emulsi yang besar dengan rotor (bergerak) dan stator (diam) menjadi partikel yang lebih kecil. Menurut Tangsuphoom dan

Coupland (2005) ukuran minimum droplet dalam emulsi yang dihasilkan oleh homogenizer tipe rotor stator $\pm 2\mu\text{m}$.

2.10 Sonikator

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang longitudinal yang memiliki frekuensi 20 kHz ke atas. Gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik, sehingga membutuhkan medium untuk merambat sebagai interaksi dengan molekul. Medium yang digunakan antara lain padat, cair dan gas (Tipler, 1990). Penggunaan gelombang ultrasonik (sonikasi) dalam pembentukan materi berukuran nano sangatlah efektif. Gelombang ultrasonik banyak diterapkan pada berbagai bidang antara lain dalam instrumentasi, kesehatan dan sebagainya. Salah satu yang terpenting dari aplikasi gelombang ultrasonik adalah pemanfaatannya dalam menimbulkan efek kavitasi akustik. Efek ini akan digunakan dalam pembuatan bahan berukuran nano dengan metode emulsifikasi (Nakahira, 2007).

2.11 Disk Turbine

Proses pembuatan emulsi menggunakan *impeller* jenis *disk turbine*. *Disk turbine* dirancang khusus untuk membuat emulsi yang stabil. Bekerja dengan baik dalam proses yang membutuhkan suspensi padatan simultan. Dirancang untuk menangani viskositas rendah sampai sedang. *Disk turbine* memiliki kemampuan untuk membentuk aliran radial yang dapat menghasilkan proses dispersi. Dispersi dapat membuat *droplet size* besar menjadi *droplet size* yang lebih kecil. *Droplet size* kecil dapat membuat emulsi solar – air menjadi lebih stabil.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

Tahun	Nama	Judul	Penelitian	Hasil
2009	Tamzil Aziz dan Sevrina Nuryanti Tambunan	Penentuan Massa Optimal Gom Akasia sebagai <i>Surfactan Active Agent</i> pada Pencampuran Minyak Goreng dengan Air dan Solar dengan Air	Surfaktan : <i>Gom Akasia (Gom Arab)</i> Alat : Mixer Kecepatan Putar:- Kandungan Air : diamati Kandungan Surfaktan : diamati	Dari variasi komposisi solar : air : gom akasia yang dilakukan pada penelitian ini maka diperoleh massa gom akasia optimal adalah perbandingan 4 : 2 :1
2011	A.N Dibofori-Orji	<i>Critical Processes Involved in Formulation of Water-in-Oil Fuel Emulsions,</i>	Surfaktan : Polyethylene Glycol Alat : Silverson Mechanical Mixer	<ul style="list-style-type: none"> Terlalu sedikit jumlah surfaktan yang ditambahkan akan membuat emulsi tidak stabil namun terlalu

<i>Combustion Efficiency of The Emulsified Fuels and Their Possible Enviromental Impacts</i>	Kecepatan Putar : - Kandungan Air : 2,5 : 5 : 7,5 dan 10 % wt Kandungan Surfaktan : 1%	banyak penambahan surfaktan akan memunculkan masalah seperti <i>creaming</i> dan sangat mudah terbakar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Efisiensi pembakaran terbaik didapatkan pada kandungan air 5% ▪ Emulsi air-solar mampu mengurangi kandungan jumlah CO₂ hingga 13% pada kandungan 5% air
--	--	--

2012	Nitesh Kumar Singh	<i>Experimental Investigation of Diesel Emulsions as Fuel in Small Direct Injection Compression Ignition Engines</i>	<p>Surfaktan : Span 80</p> <p>Alat : Greaves Model G 600 W II</p> <p>Kecepatan putar : 15.000 rpm</p> <p>Kandungan Air : 5 : 10 : 15 dan 20% wt</p> <p>Kandungan Surfaktan : 1%</p> <p>Temperatur operasi : 30°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Brake Specific Fuel Consumption (BSFSC)</i> tertinggi didapatkan pada kandungan air 20% ▪ Penambahan air pada solar meningkatkan performa mesin diesel, karena mampu menambah kecepatan pembakaran mesin
------	--------------------------	--	--	--

2013	M.R. Noor El-Din et al	<i>Rheological Behavior of Water-in-Diesel Fuel Nanoemulsions stabilized by Mixed Surfactans</i>	Surfaktan : campuran Polyoxyethylene 20 Sorbitan Monooleate dan Sorbitan Monooleate Alat : turbine homogenizer (Ultraturrax pro 200, USA) Kecepatan putar : 30.000 rpm Kandungan air : 5,6,7,8, dan 9% wt. Kandungan Surfaktan : 10%	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ketidakstabilan <i>nanodroplets</i> didapatkan setelah pendiaman selama 360 jam pada kondisi operasi yang sama ▪ <i>Nanodroplets</i> air kecil, akan semakin besar dengan berpindahnya ukuran ke <i>nanodroplets</i> lebih besar dengan adanya
------	---------------------------	--	---	---

			Temperature operasi : 30 °C	<i>continuous phase</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Semakin tinggi kandungan air yang ditambahkan, semakin meningkatnya nilai rate of ripening pada emulsi.
2015	Denni Retno	Pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan terhadap emulsi minyak biji matahari	Surfaktan : - Alat : Homogenizer Kecepatan putar : 2000, 4000, 6000 rpm	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emulsi yang terbentuk dengan ukura partikel diatas 100 nm ▪ Hasil terbaik didapatkan pada

		(<i>Helianthus annuus L.</i>) dan air	Waktu pengadukan : 7, 5,3 menit Minyak : air = 5 : 2,5 mL	kecepatan 6000 rpm dan lama pengadukan 7 menit
2016	Luthfiana Azmi	Pengaruh Penambahan Surfaktan Terhadap Kestabilan Emulsi Solar-Air Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Mesin Diesel	Surfaktan : <i>Alkylbenzene sulphonic acid (ABS)</i> , <i>Sodium lauryl sulfate (SLS)</i> , <i>Sorbitan monooleate</i> (Span 80), <i>Carboxy Methyl Cellulose (CMC)</i> . Alat : Motor Pengaduk, Sonikator	▪ Sorbitan Monooleate (Span 80) dengan nilai <i>Hydrophilic Lipophilic Balance</i> (HLB) sebesar 4 merupakan surfaktan yang paling cocok digunakan

			<p>Kecepatan Putar : 400 rpm selama 10 menit Sonikasi : 15 menit Kandungan air : 10%, 20%, 30%.</p>	<p>untuk emulsi solar-air.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Melalui pengamatan visual, kandungan air 30% menunjukkan kestabilan emulsi solar-air paling lama dibandingkan kandungan air 10% dan 20%.
2017	<p>M.R. Noor El-Din Marwa R. Mishrif</p>	<p><i>A New Modified Low Energy Emulsification Method of</i></p>	<p>Surfaktan : Polyoxyethylene 20 sorbitan trioleat dan Span</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stabilitas dari nanoemulsi dipengaruhi oleh nilai HLB

R.E. Morsi E.A. El- Sharaky M.E. Haseeb & Rania	<i>Water-in-diesel Fuel Nanoemulsion as Alternative Fuel</i>	Alat : Mechanical Stirrer Kecepatan putar : 1450 rpm	dari emulsifier, konsentrasi emulsifier, konsentrasi air, dan waktu penyimpanan. ▪ Droplet size dari nanoemulsi antara 26,23 dan 277,1 nm
---	--	---	--

BAB III

METODE PENELITIAN

Seperti dinyatakan pada bab sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mempejari pengaruh kecepatan putar *impeller* terhadap stabilitas emulsi minyak solar-air dalam emulsifikator tangki berpengaduk. Surfaktan yang digunakan berdasarkan pada nilai HLB (*Hydrophilic Lipophilic Balance*) sekitar 10, yang cocok untuk menghasilkan emulsi minyak solar air dengan menggunakan surfaktan komersial (*Lecitin Tween 80*, *Triton x-100*) dan surfaktan campuran (*Lecitin - Tween 80*) dan (*Lecitin-Triton x-100*). Perbandingan jumlah minyak solar/air, konsentrasi surfaktan, dan penambahan bahan penstabil (stabilizer) CMC akan dipelajari pengaruhnya terhadap stabilitas emulsi yang dihasilkan. Sonikator digunakan juga untuk memberikan efek sonikasi terhadap pembentukan emulsi.

Oleh karena itu, penelitian ini dikerjakan melalui beberapa tahapan yang terdiri dari tahap: persiapan, pemrosesan dan pengujian karakteristik emulsi minyak solar-air.

3.1 Bahan

- Pertamina dex
- Air (*aquabidest*)
- Surfaktan : *Lecitin* teknis
 Tween 80 buatan Merck
 Triton – x 100 buatan Merck

3.1.1 Surfaktan yang Digunakan

Pemilihan surfaktan yang digunakan berdasarkan pada nilai HLB yang sesuai untuk emulsi minyak solar-air. Menurut El-Din dkk (2013), surfaktan yang cocok untuk pemrosesan emulsi minyak solar – air adalah yang mempunyai HLB=10. Surfaktan murni (*lecitin*, *tween 80* atau *triton x-100*) dan surfaktan campuran dari *lecitin – tween 80* dan *lecitin - triton x-100*.

Tabel 3.1 Komposisi Surfaktan *Lecitin – Tween 80* dan *Lecitin – Triton - x 100*

NO	HLB	% berat		NO	HLB	% berat	
		<i>Lecitin</i>	<i>Tween 80</i>			<i>Lecitin</i>	<i>Triton x-100</i>
1	4	100	0	7	4	100	0
2	6,2	80	20	8	6,2	76,6	23,4
3	8,4	60	40	9	8,4	53,19	46,81
4	10	45,5	54,5	10	10	36,17	63,83
5	12,8	20	80	11	12,8	6,38	93,62
6	15	0	100	12	13,4	0	100

3.1.2 Pembuatan Larutan CMC (*Carboxymethyl cellulose*) 0,5%

Carboxymethyl Cellulose (CMC) berfungsi sebagai penambah kestabilan (*stabilizer*) emulsi minyak solar-air.

Membuat larutan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) 0,5% dari air dengan menggunakan *aquabidest* sebagai pelarut. Tahap pembuatan larutan CMC untuk 5% W/O dengan mencampurkan CMC sebanyak 0,15 g dengan *aquabidest* 29,75 g. Panaskan *aquabidest* hingga mendidih, setelah itu masukkan CMC dan diaduk selama ± 2 menit hingga campuran merata. Kemudian larutan CMC ini didinginkan hingga suhu ruang untuk dapat digunakan pada proses selanjutnya.

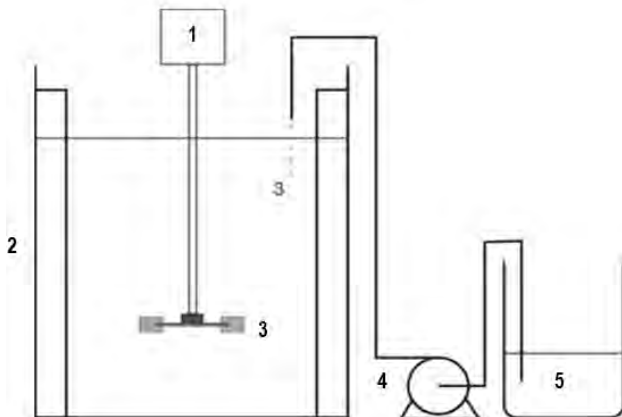
3.2 Peralatan

Alat-alat yang digunakan sebagai tempat emulsifikasi minyak solar-air dalam penelitian ini seperti ditunjukkan pada **Tabel 3.2**

Tabel 3.2 Alat yang Digunakan

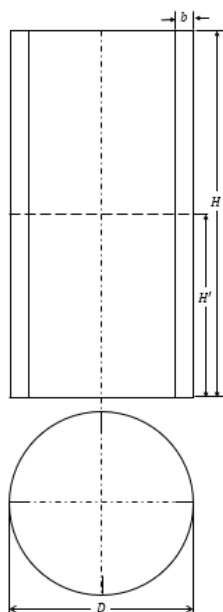
No	Nama alat	Fungsi	Spesifikasi
1	Tangki emulsifikasi	Sebagai tempat pemrosesan emulsi minyak solar-air	- Bentuk: silinder - Diameter, $D=93$ mm - Tinggi $H=200$ mm - Baffle : lebar $b=93$ mm, jumlah = 4 - Tinggi liquid, $H'=93$ mm
2	Impeller	Sebagai pengaduk	- Tipe : disk turbine - Diameter, $d=40$ mm - Jumlah daun = 6
3	<i>Peristaltic pump</i>	Untuk menambahkan air ke tangki emulsifikasi	Laju alir : 2 mL/menit (5% air), 10mL/menit (25% air), 20 mL/menit (50% air)
4	Sonikator	Untuk memberikan efek sonikasi terhadap emulsi	<i>Ultrasonic processor</i> VCX-500 frekuensi 20.000 Hz

Sesuai dengan prosedur percobaan, susunan peralatan emulsifikasi minyak solar-air ditunjukkan pada **Gambar 3.1**. Skema geometri tangki emulsifikasi ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.

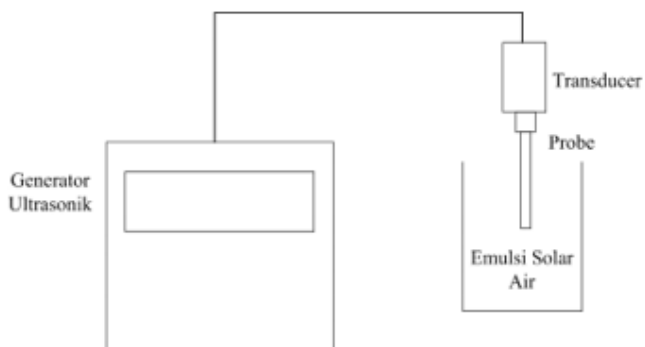


Gambar 3.1. Susunan Peralatan Proses Emulsifikasi

1. Digital variable speed motor; 2. Tangki silinder bersekat; 3. Impeller;
4. Pompa peristaltik; 5. Tangki air



Gambar 3.2. Geometri dan dimensi tangki emulsifikasi



Gambar 3.3 Rangkaian Alat Sonikator

3.3 Prosedur Percobaan

3.3.1 Variabel Percobaan

- a. Pemilihan jenis surfaktan yaitu menggunakan surfaktan tunggal *lecitin*, *tween 80* dan *triton x – 100* serta menggunakan surfaktan campuran *lecitin - tween 80* dan *lecitin - triton x – 100*.
- b. Konsentrasi surfaktan 0,1 , 0,5 dan 1 % terhadap volume emulsi.
- c. Penambahan pre-treatment .
- d. Variasi kecepatan pengadukan 1000, 1300, 1600 dan 1900 rpm.
- e. Penambahan *carboxymethyl cellulose* (CMC) 0,5% terhadap volume air.
- f. Variasi penambahan air (*aquabidest*) 5, 25, dan 50% terhadap volume emulsi.
- g. Penambahan sonikasi

Percobaan ini dibagi menjadi 2 tahap, yaitu:

1. Proses *Pre treatment*
2. Proses Emulsi

3.3.2 Proses *Pre treatment*

Proses *pre treatment* yaitu proses pengadukan bahan emulsi minyak solar-air menggunakan *mixer* sesuai variabel kecepatan yaitu 1000, 1300, 1600 dan 1900 rpm selama 15 menit. Tahap pengadukan pre-emulsi yaitu dengan mencampurkan solar dan surfaktan tanpa penambahan air.

3.3.3 Proses Emulsi

Proses emulsi yaitu proses pencampuran bahan emulsi minyak solar-air dengan bantuan surfaktan. Adapun langkah-langkah dalam proses emulsifikasi yaitu mencampurkan minyak solar, air dan surfaktan dengan konsentrasi sesuai variabel sebanyak 600 mL ke dalam tangki emulsifikasi. Proses pengadukan menggunakan kecepatan tertentu berdasarkan

variabel. Penambahan air dilakukan secara bertahap tetes demi tetes selama 15 menit setelah proses *pre treatment*. Apabila ada penambahan CMC maka CMC dicampur terlebih dahulu dengan air baru di alirkan ke dalam tangki emulsifikasi. Setelah *pre treatment* dan penambahan air proses emulsifikasi tetap berlangsung selama 20 menit pengadukan. Kemudian dilanjutkan karakterisasi emulsi minyak solar-air. Emulsifikasi menggunakan sonikator dengan cara mencelupkan probe ke dalam emulsi minyak solar-air yang telah mengalami proses pengadukan setinggi 3 cm. Sonikasi berlangsung selama 5 menit dan berhenti selama 2 menit dilakukan sebanyak 3 kali. Frekuensi yang digunakan adalah 20.000 Hz. Apabila sonikasi telah selesai dilanjutkan dengan karakterisasi emulsi minyak solar-air.

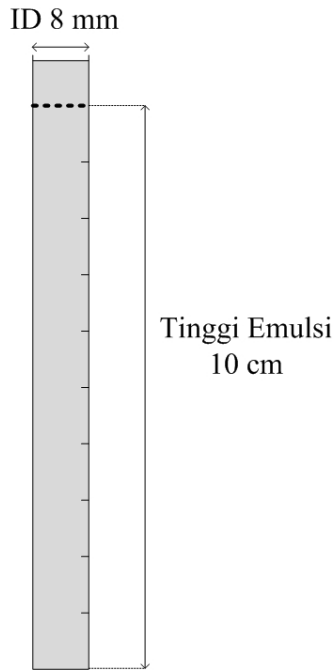
3.3 Karakterisasi Emulsi Minyak Solar – Air

3.3.1 Stabilitas Emulsi Terhadap Fungsi Waktu

Pengamatan secara visual hasil emulsi minyak solar – air dilakukan seperti pengamatan warna emulsi, kekeruhan dan warna lapisan yang dihasilkan.

Lapisan / *interface* diukur menggunakan tabung uji stabilitas dengan diameter 8 mm dan tinggi tabung 10 cm seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4. Emulsi yang dihasilkan dimasukkan ke dalam tabung kemudian diamati lapisan / *interface* yang terbentuk pada setiap interval waktu.

Volume lapisan / *interface* diukur menggunakan corong pemisah dengan cara menuangkan volume total emulsi sebanyak 600 mL. Kemudian lapisan akan terpisah, bagian bawah lapisan / *interface* dikeluarkan dari corong pemisah dan mengukur volumenya menggunakan gelas ukur.



Gambar 3.4 Tabung Uji Stabilitas Emulsi

3.4.2 Densitas

Menguji berat jenis sampel yang dihasilkan menggunakan piknometer 10 mL dengan cara menimbang piknometer kosong, kemudian diisi emulsi minyak solar-air dan menimbangya. Menghitung densitas dengan rumus :

$$\rho_{emulsi} = \frac{\text{Piknometer} + \text{isi} - \text{piknometer kosong}}{\text{volume piknometer}}$$

3.4.3 Viskositas

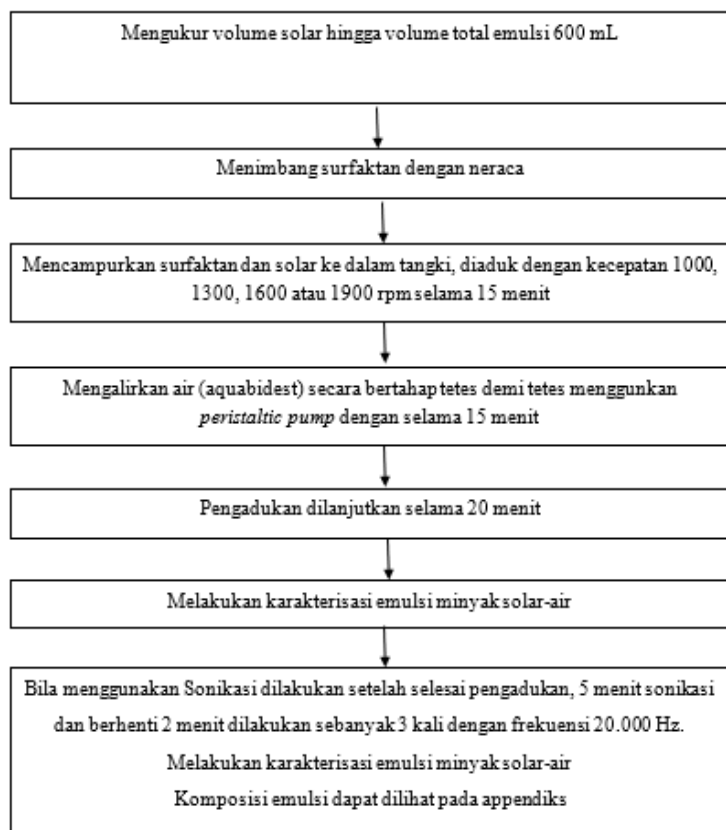
Viskositas emulsi diukur menggunakan viskometer Ostwald, dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan oleh emulsi (cairan) tersebut untuk melewati antara 2 tanda ketika mengalir karena gravitasi. Waktu alir cairan yang diuji dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan bagi suatu zat yang viskositasnya sudah diketahui, dalam pengukuran ini menggunakan air suhu 30°C. Menghitung viskositas dengan rumus :

$$\mu = \mu_o \frac{t \text{ emulsi} \times \rho \text{ emulsi}}{t \text{ air} \times \rho \text{ air}}$$

3.4.4 Analisa *Droplet Size* dan *Zeta Potensial*

Droplet size dan *zeta potensial* diukur menggunakan alat *Dynamic light scattering (DLS)* (*Zeta sizer Nano-ZS*, Malvern, UK) di laboratorium zat padat Departemen Fisika, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.4 Blok Diagram



Gambar 3.5 Blok Diagram Pembuatan Emulsi Minyak Solar-Air

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini diinginkan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar *impeller* pada emulsi minyak solar – air yang paling stabil. Untuk mendapatkan emulsi tersebut dilakukan beberapa tahapan penelitian. Tahapan terbagi menjadi beberapa variabel penelitian yaitu menentukan komposisi surfaktan, konsentrasi surfaktan, pengaruh kecepatan, pengaruh penambahan CMC (*Carboximethyl Cellulose*), penambahan konsentrasi air, dan adanya sonikasi.

Berdasarkan variabel yang telah dilakukan, maka pembahasan hasil penelitian dibagi menjadi beberapa poin, yaitu :

1. Emulsi minyak solar-air dengan variasi komposisi surfaktan tunggal dan surfaktan campuran.
2. Emulsi minyak solar-air dengan variasi konsentrasi surfaktan menggunakan komposisi surfaktan terbaik.
3. Emulsi minyak solar-air dengan variasi kecepatan putar *impeller* menggunakan komposisi dan konsentrasi surfaktan terbaik.
4. Emulsi minyak solar-air dengan variasi kecepatan putar *impeller* menggunakan komposisi dan konsentrasi surfaktan terbaik dengan penambahan CMC.
5. Emulsi minyak solar-air menggunakan kecepatan putar *impeller* komposisi dan konsentrasi surfaktan terbaik terhadap variasi penambahan air.
6. Emulsi minyak solar-air menggunakan kecepatan putar *impeller* komposisi, konsentrasi surfaktan terbaik terhadap variasi penambahan jumlah air dan adanya proses sonikasi.

Bahan yang digunakan pada pembuatan emulsi minyak solar-air adalah Solar Dex produksi Pertamina yang memiliki *cetane number* (angka setana) sebesar 53 dengan kandungan sulfur

di bawah 300 ppm. *Cetane number* ini menunjukkan kualitas bahan bakar untuk mesin diesel. Angka ini mempengaruhi proses pembakaran yang terjadi di mesin diesel. Semakin tinggi nilainya, semakin mudah proses pembakaran sehingga akan mengurangi beban mesin dan diesel akan semakin halus. Bahan ini dipilih karena memiliki *cetane number* yang sudah tinggi dan baik untuk mesin diesel.

Emulsi yang dibuat pada penelitian ini merupakan emulsi jenis air dalam minyak (A/M) atau dikenal dengan *w/o emulsion*. Emulsi ini dibuat dengan penambahan kadar air pada solar melalui proses emulsifikasi dengan menggunakan surfaktan. Pada emulsi jenis ini, air (*water*) merupakan fase terdispersi (bagian dalam) sementara solar (*oil*) merupakan fase pendispersi (bagian luar).

Untuk mengetahui karakterisasi emulsi digunakan parameter sebagai berikut :

- a. Banyaknya lapisan yang terbentuk terhadap waktu
- b. Jumlah (%) emulsi yang terbentuk terhadap waktu
- c. Sifat fisik (densitas dan viskositas)

4.1 Pengaruh Surfaktan

Proses pembuatan emulsi minyak solar – air dipengaruhi besar oleh penambahan surfaktan yang digunakan. Penambahan surfaktan ini mempengaruhi nilai tegangan permukaan masing – masing solar dan air. Semakin tinggi penurunan nilai tegangan permukaan, maka akan semakin baik emulsi yang dihasilkan.

Pengaruh jenis surfaktan yang digunakan untuk pembuatan emulsi ini dipelajari pada kandungan air 5%. Untuk mempelajari pengaruh jenis surfaktan pada emulsi, digunakan 3 jenis surfaktan yaitu *Lecitin*, *Tween 80* dan *Triton x-100*. Pengamatan dilakukan pada satu konsentrasi campuran surfaktan yaitu 0,1% terhadap volume total emulsi.

Pembuatan emulsi solar-air ini menggunakan pengadukan dengan kecepatan putar seragam 1300 rpm menggunakan *impeller* jenis *disk turbine*.

4.1.1 Pengamatan Pembentukan Emulsi Minyak Solar – Air Secara Visual

Berdasarkan variabel yang diamati kemudian dilakukan pengamatan visual. Pengamatan secara visual yang dilakukan berupa terbentuknya lapisan.

Hasil pengamatan ditunjukkan pada **Tabel 4.1** dan **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Hasil Emulsi Dalam Berbagai Komposisi Surfaktan Setelah Pengadukan

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Komposisi Surfaktan

Komposisi Surfaktan	Setelah pengadukan	3 jam setelah pengadukan	24 jam setelah pengadukan
100% Lecitin	Emulsi pada bagian atas berwarna bening, bagian bawah berwarna keruh sudah terdapat lapisan putih	Emulsi pada bagian atas berwarna bening, bagian bawah berwarna keruh lapisan semakin banyak	Emulsi pada Bagian atas semakin bening, bagian bawah berwarna keruh lapisan semakin banyak dari yang 3 jam setelah pengadukan.
80% Lecitin-20% Tween 80	Emulsi berwarna kuning bening sudah terdapat lapisan	Emulsi berwarna bening namun lebih keruh dari 100% Lecitin, lapisan putih lebih banyak	Emulsi lebih bening dari yang 3 jam setelah pengadukan namun lapisan masih sama
60% Lecitin-40% Tween 80	Emulsi lebih keruh dan lebih berwarna kuning dari 100% lecitin dan 80% lecitin, sudah	Terbentuk warna sedikit bening di bagian atas emulsi	Emulsi lebih bening dari yang 3 jam setelah pengadukan, terdapat sedikit air dibawah.

	terbentuk lapisan		
45,5% Lecitin- 54,5% Tween 80	Emulsi keruh dan berwarna kuning, lapisan sudah terbentuk sedikit	Emulsi warnanya masih sama dengan saat 0 jam setelah pengadukan , lapisan semakin bertambah	Emulsi berwarna semakin bening dan ada sedikit sekali air di bawah
20% Lecitin- 80% Tween 80	Emulsi berwarna kuning bening tidak langsung terbentuk lapisan namun sudah terdapat gelembung-gelembung air	Air terpisah dari emulsi solar - air	-
100% Tween 80	Emulsi berwarna kuning lebih bening dari 20% Lecitin, tidak ada lapisan namun langsung terbentuk gelembung-gelembung air yang sedikit berwarna	-	-

	hitam kecoklatan.		
76,6% Lecitin- 23,4% Triton x- 100	Emulsi berwarna kuning cerah, timbul lapisan putih, belum terjadi pemisahan solar dan air	Air pada emulsi sudah mulai memisah dan terdapat gelembung – gelembung kecil air	-
53,19% Lecitin- 46,81% Triton x- 100	Emulsi berwarna kuning cerah, timbul lapisan putih, air sudah mulai terpisah sari emulsi solar dan air.	-	-
36,17% Lecitin- 63,83% Triton x- 100	Emulsi berwarna kuning cerah, langsung terbentuk lapisan berwarna putih.	-	-
6,38% Lecitin- 93,62% Triton x- 100	Emulsi berwarna kuning cerah, langsung membentuk lapisan bening kecoklatan	-	-

100% Triton x-100	Emulsi berwarna kuning cerah, langsung terbentuk lapisan kuning bening, solar dan air sudah terpisah banyak, bila dikocok tidak menyatu kembali	-	-
--------------------------	---	---	---

Penambahan jenis surfaktan dapat mempengaruhi warna emulsi yang dihasilkan karena warna dasar dari surfaktan yang berbeda.

Warna emulsi yang diharapkan setelah proses emulsifikasi dengan pengadukan cepat adalah berwarna putih keruh dan lapisan atau *interface* yang terbentuk paling lama. Warna keruh ini menunjukkan kestabilan emulsi yang baik. Seiring dengan bertambahnya waktu pendiaman pada emulsi, warna keruh ini akan berubah menjadi lebih bening. Perubahan warna emulsi ini menunjukkan berkurangnya kestabilan emulsi. Sehingga pada akhir kestabilannya, emulsi tidak lagi berwarna putih keruh dan menjadi berwarna kuning seperti solar murni.

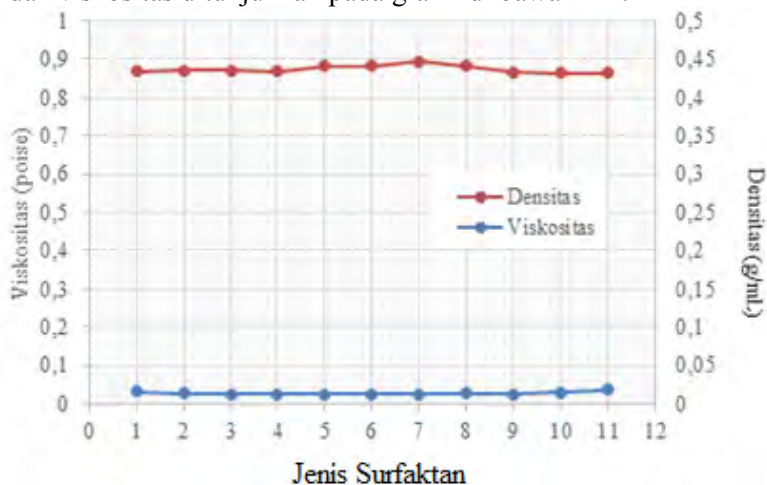
Hasil pengamatan visual yang baik dihasilkan dengan komposisi 45,5% *Lecitin*-54,5% *Tween 80*, dan komposisi 76,6% *Lecitin* dan 23,4% *Triton x-100* karena pada komposisi ini menghasilkan warna yang paling keruh dan pembentukan lapisan / *interface* yang paling lama.

4.1.2 Hasil pengukuran Densitas dan Viskositas

Densitas merupakan kerapatan suatu zat yang memiliki dimensi massa per satuan volume. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi densitas adalah jenis zat, suhu, dan tekanan dari

suatu zat yang akan diukur. Viskositas merupakan ukuran kekentalan suatu zat cair yang memiliki dimensi massa per panjang dan waktu. Faktor – faktor yang mempengaruhi viskositas adalah jenis zat, suhu, tekanan, berat jenis dan berat molekul dan kekuatan antar molekul.

Grafik hubungan antara komposisi surfaktan vs densitas dan viskositas ditunjukkan pada grafik di bawah ini :



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Komposisi Surfaktan vs Densitas dan Viskositas

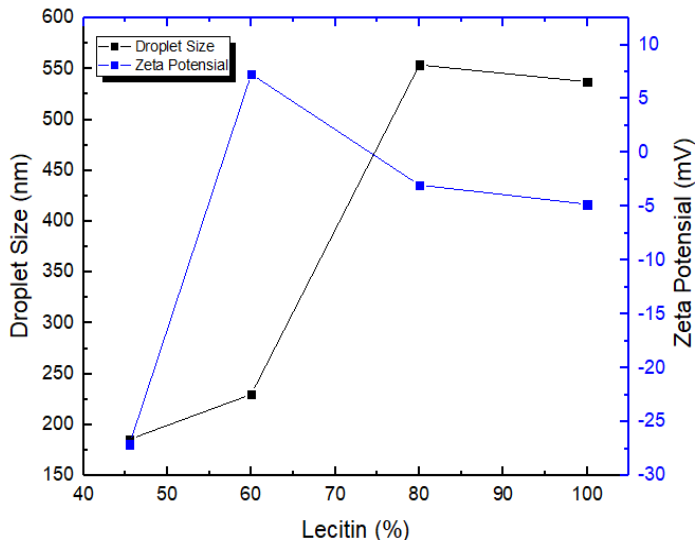
Dari **Grafik 4.2** jenis surfaktan dapat dilihat dari **Tabel 3.1**, untuk densitas *lecitin – tween 80* didapatkan data yang mengalami sedikit kenaikan dikarenakan komposisi surfaktan yang berbeda. Densitas *lecitin-triton x-100* didapatkan data yang mengalami sedikit penurunan dikarenakan komposisi surfaktan yang berbeda. Emulsi dengan surfaktan *lecitin* terbanyak memiliki densitas paling besar sedangkan emulsi dengan surfaktan *triton x-100* terbanyak memiliki densitas paling kecil karena densitas *lecitin* lebih besar daripada densitas *triton x-100*.

Viskositas dari *lecitin* – *tween* 80 terlihat mengalami sedikit penurunan, namun setelah itu cenderung konstan. Sehingga semakin tinggi komposisi *lecitin* maka viskositas akan meningkat. Sedangkan pada *lecitin* – *triton x-100* semakin banyak komposisi *triton x-100* viskositas semakin naik. Namun secara keseluruhan viskositas dan densitas cenderung seragam sehingga komposisi surfaktan tidak berpengaruh besar terhadap viskositas emulsi.

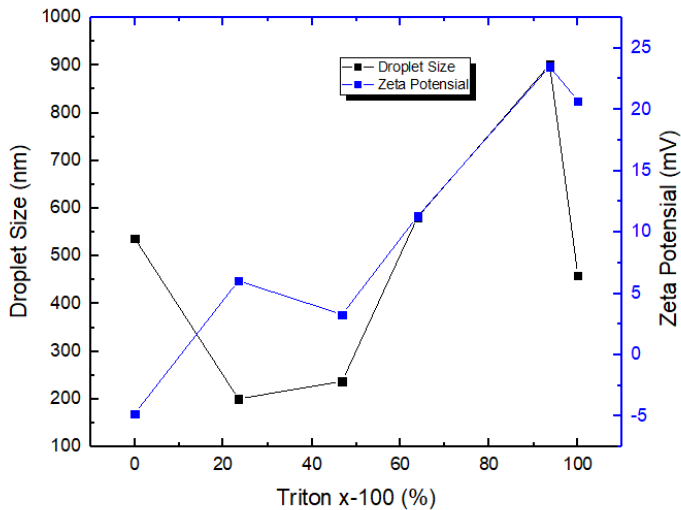
4.1.3 Hasil Analisa *Droplet size* dan *Zeta potensial*

Menurut Al-Sabgh (2011), *droplet size* yang baik untuk emulsi minyak solar – air adalah 50 – 200 nm atau *milky* sampai dengan 500 nm, sedangkan menurut Ahmad Sholih (2017), *zeta potensial* untuk emulsi yang stabil di atas -30 mV dan di atas 30 mV.

Grafik hubungan antara komposisi surfaktan vs *droplet size* dan *Zeta potensial* ditunjukkan pada grafik di bawah ini :



Gambar 4.3. Grafik Hubungan antara Komposisi Surfaktan (*Lecitin-Tween80*) vs *Droplet size* dan *Zeta Potensial*



Gambar 4.4. Grafik Hubungan antara Komposisi Surfaktan (*Lecitin-Triton x-100*) vs *Droplet size* dan *Zeta Potensial*

Dari **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4** di atas terlihat bahwa komposisi surfaktan terbaik menggunakan 45,5% *lecitin*-55,4% *tween 80* karena memiliki *droplet size* paling kecil yaitu 185,8 nm. Untuk surfaktan *lecitin-triton x-100* komposisi 76,6% *lecitin* dan 23,4% *Triton x-100* memiliki *droplet size* paling kecil 200,4 nm sehingga nilai ini sudah masuk dalam *range* karakteristik *droplet size* emulsi yang baik yaitu 50 – 200 nm.

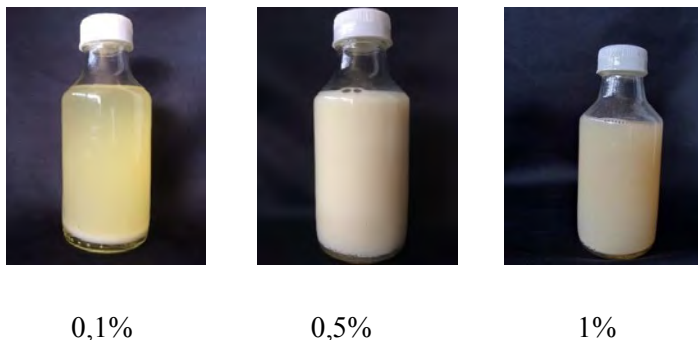
Zeta potensial 45,5% *lecitin*-55,4% *tween 80* didapat -27 mV, *zeta potensial* ini juga yang paling besar diantara komposisi surfaktan *lecitin-tween 80* lainnya. Sedangkan *zeta potensial* 76,6% *Lecitin* dan 23,4% *Triton x-100* 6,04 mV. *Zeta potensial* yang besar baik positif maupun negatif merupakan parameter bahwa suatu emulsi dapat dikatakan stabil.

4.2 Pengaruh Konsentrasi Surfaktan

Pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap kestabilan emulsi diamati pada penambahan air 5% menggunakan surfaktan 45,5% *lecitin* dan 54,5% *tween* 80 dengan konsentrasi 0,1%, 0,5% dan 1%. Pengukuran yang dilakukan adalah tinggi endapan yang terbentuk dengan pengamatan secara visual, viskositas, dan densitas.

4.2.1 Pengamatan Pembentukan Emulsi Minyak Solar – Air Secara Visual.

Hasil pengamatan ditunjukkan pada **Tabel 4.2** dan **Gambar 4.5** berikut :



Gambar 4.5 Hasil Emulsi Minyak Solar – Air Dalam Berbagai Konsentrasi

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Visual Pengaruh
Konsentrasi Surfaktan

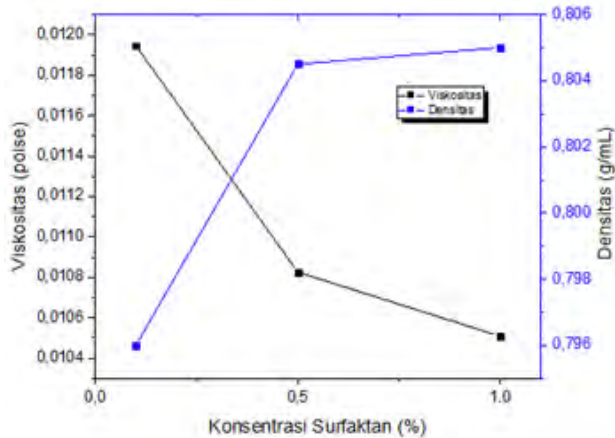
Konsentrasi surfaktan (%)	0 jam Setelah pengadukan	1 jam setelah pengadukan	24 jam setelah pengadukan
0,1	Emulsi berwarna kuning terdapat lapisan putih di bawah	Warna masih sama dengan saat 0 jam setelah pengamatan. ada gelembung air kecil – kecil sekali pada lapisan bawah putih	Lebih bening dari kemarin, ada sedikit sekali air di bawah.
0,5	Emulsi berwarna putih keruh belum terbentuk lapisan putih di bawah	Sudah mulai terbentuk lapisan bawah putih, lapisan bawah mulai terbentuk pada menit ke 3	lapisan bawah semakin banyak, pada tabung pengamatan tinggi lapisan bawah 4 mm dan tinggi lapisan atas 50 mm sehingga emulsi menjadi lebih bening pada bagian atasnya. Total emulsi menjadi 46%

1	Emulsi belum terbentuk lapisan bawah	Sudah mulai terbentuk lapisan bawah putih, lapisan bawah mulai terbentuk pada menit ke 11	lapisan bawah semakin banyak, pada tabung pengamatan tinggi lapisan bawah 6 mm dan tinggi lapisan atas 5 mm. total emulsi menjadi 89%
---	--------------------------------------	---	---

Berdasarkan pengamatan pada **Tabel 4.2** dan **Gambar 4.5** dapat dilihat bahwa konsentrasi surfaktan paling baik adalah 1% karena pembentukan endapan terjadi pada waktu paling lama diantara yang lain yaitu pada menit ke 11 dan juga emulsi paling banyak terbentuk setelah 24 jam pengamatan, yaitu sebanyak 89% serta warna emulsi yang paling putih keruh menunjukkan emulsi yang lebih stabil.

4.2.2 Hasil Pengukuran Densitas dan Viskositas

Grafik hubungan antara konsentrasi surfaktan vs densitas dan viskositas ditunjukkan pada **Grafik 4.6** di bawah ini :



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Surfaktan vs Densitas dan Viskositas

Surfaktan untuk menurunkan tegangan permukaan berpengaruh besar menurunkan nilai viskositas bahan bakar sehingga menjadi lebih encer (Hui, 1996). Berdasarkan **Gambar 4.6** terlihat bahwa pada pengukuran viskositas, nilai viskositas menurun dengan semakin tingginya konsentrasi surfaktan yang digunakan. Nilai tertinggi ada pada konsentrasi surfaktan 0,1% yaitu 0,011946 poise dan nilai terendah pada konsentrasi surfaktan 1% 0,010826 poise, sehingga semakin naiknya konsentrasi surfaktan maka viskositas turun.

Pada pengukuran densitas, nilai densitas meningkat dengan meningkatnya konsentrasi surfaktan yang digunakan. Nilai tertinggi pada konsentrasi surfaktan 1% yaitu 0,805 g/mL dan nilai paling rendah pada konsentrasi surfaktan 0,1% yaitu 0,796 g/mL.

4.3 Pengaruh Penambahan *Pre treatment*

Pengaruh *pre treatment* terhadap kestabilan emulsi diamati pada penambahan air 5% menggunakan jenis surfaktan 45,5% *lecitin* dan 54,5% *Tween 80* dengan konsentrasi 0,1%. Analisis yang dilakukan adalah *droplet size* dan *zeta potensial*.

Pre treatment dilakukan sebelum penambahan air yaitu dengan melakukan pengadukan awal antara solar dan surfaktan selama 15 menit. Hal ini bertujuan untuk memecah terlebih dahulu partikel solar dan surfaktan menjadi lebih kecil dengan *impeller disk turbine* sehingga luas permukaan partikel menjadi lebih besar untuk mempermudah kontak dengan air.

Berikut adalah hasil emulsi dengan *pre treatment* dan tidak menggunakan *pre-treatment* ditunjukkan pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Hasil Emulsi dengan *Pre-treatment* dan Tidak Menggunakan *Pre-treatment*

Parameter	<i>Droplet size</i> (nm)	<i>Zeta potensial</i> (mV)
Non <i>pre-treatment</i>	185,8	-27,1
<i>Pre-treatment</i>	181,4	17,1

Berdasarkan uji *droplet size* menggunakan alat *Dynamic Light Scattering* (DLS) *zetasisizer Malvern*, didapatkan bahwa yang menggunakan *pre-treatment* lebih baik daripada yang tidak, karena memiliki *droplet size* lebih kecil dibandingkan yang tidak menggunakan *pre-treatment*, sehingga untuk percobaan selanjutnya akan ditambahkan proses *pre-treatment*. Sedangkan untuk *zeta potensial* juga menunjukkan hasil yang menggunakan *pre-treatment* nilainya lebih besar dibandingkan tanpa *pre-treatment*.

Pada tabung uji stabilitas didapatkan laju pengendapan sedimen pertama tanpa *pre treatment* pada menit ke 2 dengan tinggi sedimen 2,5 mm sedangkan menggunakan *pre treatment* pada menit ke 3 mempunyai tinggi sedimen 0,5 mm. Sehingga *pre treatment* menambah kestabilan emulsi minyak solar-air.

4.4 Pengaruh Kecepatan Impeller terhadap Emulsi

4.4.1 Untuk surfaktan (45,5% *Lecitin*-54,5% *Tween 80*) dengan konsentrasi 1%

Berdasarkan tujuan utama yaitu untuk mengetahui pengaruh kecepatan *impeller* terhadap emulsi digunakan variabel kecepatan pengadukan 1000, 1300, 1600 dan 1900 rpm. Pengaruh kecepatan terhadap kestabilan emulsi diamati dengan penambahan air 5% menggunakan jenis surfaktan 45,5% *lecitin*-54,5% *tween 80* konsentrasi 1% dengan penambahan CMC 0,5% dan tidak. Pengukuran yang dilakukan adalah tinggi endapan dengan pengamatan secara visual, viskositas, dan densitas.

4.4.1.1 Pengamatan Pembentukan Emulsi Minyak Solar – Air Secara Visual.

Berdasarkan variabel yang diamati kemudian dilakukan pengamatan visual. Pengamatan visual yang dilakukan berupa pengamatan pembentukan lapisan yang terjadi pada emulsi saat selesai pengadukan. Hasil pengamatan ditunjukkan pada **Tabel 4.4**

Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Kecepatan *Impeller* dengan 1% Surfaktan 45,5% *Lecitin*-54,5% *Tween 80*

Parameter	0 jam Setelah pengadukan	1 jam setelah pengadukan	24 jam setelah pengadukan
1000 rpm	Warna emulsi putih keruh, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak. Pada menit ke 15 lapisan terbentuk setinggi 2 mm ditabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak menjadi 6 mm dan lapisan atas mulai terbentuk setinggi 7 mm ditabung pengamatan

1300 rpm	Warna emulsi putih keruh, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak. Pada menit ke 15 lapisan terbentuk setinggi 2,5 mm ditabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak menjadi 6 mm dan lapisan atas mulai terbentuk setinggi 5 mm ditabung pengamatan
1600 rpm	Warna emulsi putih keruh, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak. Pada menit ke 15 lapisan belum terbentuk ditabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak menjadi 6 mm dan lapisan atas mulai terbentuk setinggi 5 mm ditabung pengamatan
1900 rpm	Warna emulsi putih keruh, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak. Pada menit ke 15 lapisan belum terbentuk ditabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak menjadi 5 mm dan lapisan atas mulai terbentuk setinggi 5 mm

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Kecepatan *Impeller* dengan 1% Surfaktan 45,5% *Lecitin*-54,5% *Tween 80* + CMC 0,5%

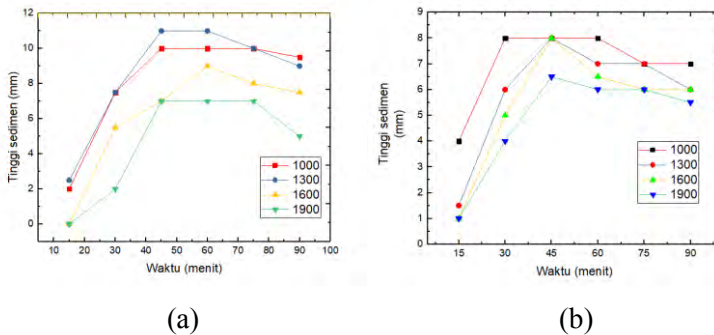
Parameter	0 jam Setelah pengadukan	1 jam setelah pengadukan	24 jam setelah pengadukan
1000 rpm	Warna emulsi putih keruh, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak. Pada menit ke 15 lapisan terbentuk setinggi 4 mm ditabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak dan mulai terbentuk lapisan atas berwarna bening
1300 rpm	Warna emulsi putih keruh, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak. Pada menit ke 15 lapisan terbentuk setinggi 1,5 mm ditabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak dan mulai terbentuk lapisan atas berwarna bening
1600 rpm	Warna emulsi putih keruh, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak. Pada menit ke 15 lapisan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak dan mulai terbentuk lapisan atas

		terbentuk setinggi 1 mm ditabung pengamatan	berwarna bening
1900 rpm	Warna emulsi putih keruh, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak. Pada menit ke 15 lapisan terbentuk setinggi 1 mm ditabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh, lapisan bawah semakin banyak dan mulai terbentuk lapisan atas berwarna bening

Pengaruh kecepatan terhadap visualisasi emulsi tidak terlalu menampakan hasil yang berbeda antara kecepatan 1000, 1300, 1600 dan 1900 rpm, hasil emulsi berwarna putih keruh yang menunjukkan kestabilan emulsi. Berdasarkan hasil pengamatan visualisasi penambahan CMC memberikan warna yang lebih kuning terhadap emulsi.

4.4.1.2 Stabilitas Emulsi Terhadap Waktu

Untuk melihat lebih jelasnya pengaruh kecepatan terhadap emulsi minyak solar-air dapat digunakan tabung pengamatan sesuai **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7 Pengaruh Kecepatan Putar Impeller Terhadap Tinggi Sedimen (lapisan bawah) sebagai Fungsi Waktu (a) tanpa CMC (b) dengan CMC 0,5%

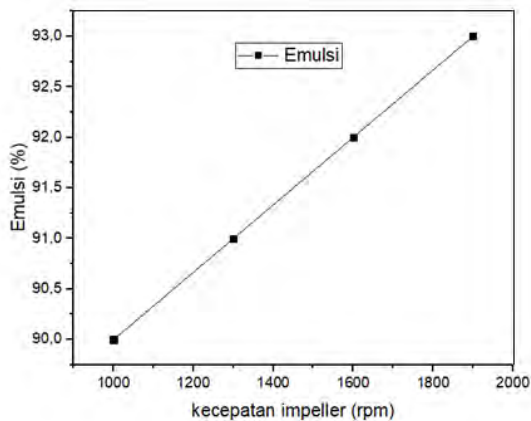
Berdasarkan **Gambar 4.7a** didapatkan hasil semakin bertambah kecepatan putar *impeller* maka kestabilan emulsi semakin bertambah. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya lapisan bawah yang terbentuk, sehingga yang terbaik dari percobaan ini adalah kecepatan 1900 rpm.

Adanya penambahan CMC sebagai *stabilizer* yang berfungsi untuk mencegah molekul antar emulsi menjadi satu yang akan membentuk flok atau lapisan. CMC berfungsi sebagai *stabilizer* yang dapat memperlama proses pemisahan emulsi solar air. Berdasarkan grafik di atas dengan surfaktan *lecitin-tween 80* hasil yang menggunakan CMC lebih baik daripada yang tidak menggunakan CMC karena lapisan yang terbentuk lebih sedikit daripada emulsi yang tidak menggunakan CMC. Dari grafik di atas maka emulsi yang paling baik dengan kecepatan 1900 rpm dan penambahan CMC karena pada kondisi ini membentuk lapisan bawah paling sedikit pada menit ke 90. Dengan komposisi 1% surfaktan *lecitin* 54,5 % dan *tween 80* 45,5 % emulsi yang dihasilkan lebih baik dengan penambahan CMC.

Meningkatnya kecepatan pengadukan dapat memperlama waktu pemisahan. Pengadukan dapat memperluas bidang kontak dengan meningkatnya kecepatan pengadukan sehingga meningkatkan homogenitas dari suatu campuran (Barkat, 2013). Pengadukan atau agitasi adalah suatu proses yang menunjukkan gerakan yang terinduksi pada suatu bahan atau campuran dimana proses agitasi akan membentuk pola sirkulasi. Pengadukan memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan antar muka (Di, 2011).

Berdasarkan pada tabung uji stabilitas maka dapat dilihat bahwa semakin naik kecepatan maka pembentukan emulsi semakin banyak. Lapisan bawah dan lapisan atas semakin sedikit dengan penambahan kecepatan.

Banyaknya emulsi yang terbentuk dapat dilihat pada **Grafik 4.8** berikut :



Gambar 4.8 Grafik Pembentukan Emulsi vs Kecepatan Impeller

Grafik diatas merupakan pembentukan emulsi selama 1 jam. Sehingga pada pengamatan ini yang paling baik yaitu dengan kecepatan putar impeller 1900 rpm dengan sedimen (lapisan

bawah) setinggi 7 mm dan emulsi yang terbentuk sebesar 93 %. Penambahan kecepatan putar *impeller* dapat memperlama proses pemisahan antara solar dan air dalam emulsi.

4.4.1.3 Hasil Pengukuran Densitas dan Viskositas

Semakin bertambahnya kecepatan maka viskositas semakin besar, sedangkan menurut Tri (2008), bahwa semakin meningkatnya kecepatan pengadukan dapat menurunkan viskositas dari emulsi namun juga dapat memperlama waktu pemisahan dari emulsi minyak dalam air. Dari percobaan yang telah dilakukan ternyata berbanding terbalik dengan percobaan sebelumnya (Tri, 2013). Hal ini terjadi karena salah satu faktor yang mempengaruhi viskositas adalah suhu. Ketika pengukuran suhu emulsi ada yang mengalami penurunan dan ada yang belum antara kecepatan satu dengan lainnya.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, penambahan CMC dapat memperbesar viskositas emulsi. Viskositas naik dengan penambahan CMC karena CMC memiliki sifat sebagai pengental.

Perbedaan dapat dilihat seperti **Tabel 4.6** di bawah ini :

Tabel 4.6 Viskositas dengan dan tanpa CMC

Parameter	1000 rpm	1300 rpm	1600 rpm	1900 rpm
Tanpa CMC	0,01318	0,01331	0,01325	0,01422
CMC	0,013383	0,01506	0,014471	0,014695

*Viskositas dalam satuan poise

Menurut hukum Stoke, untuk memperlambat proses pemisahan dilakukan dengan cara menaikkan viskositas yang dapat menurunkan droplet radius. Pada penggunaan surfaktan *lecithin-tween 80* penambahan CMC dapat menambah viskositas emulsi sehingga penambahan CMC pada jenis surfaktan ini dapat membuat emulsi lebih stabil. Viskositas berkaitan erat dengan tahanan yang dialami molekul untuk mengalir pada sistem cairan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sifat alir suatu emulsi, diantaranya

untuk ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel. Berikut tabel densitas dengan dan tanpa CMC

Tabel 4.7 Densitas dengan dan tanpa CMC

Parameter	1000 rpm	1300 rpm	1600 rpm	1900 rpm
Tanpa CMC	0,806	0,804	0,8025	0,8015
CMC	0,8095	0,81	0,811	0,809

* Densitas dalam satuan g/mL

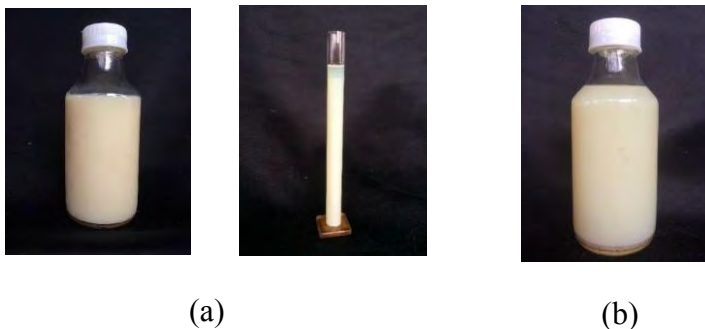
Berdasarkan tabel di atas penambahan CMC dapat membuat emulsi sedikit lebih berat dibandingkan emulsi tanpa CMC sehingga densitas naik.

4.4.2 Pengaruh Kecepatan Impeller dengan 1% Surfaktan 76,6% *Lecitin* – 23,4% *Triton x-100*

Berdasarkan tujuan utama yaitu untuk mengetahui pengaruh kecepatan *impeller* terhadap emulsi digunakan variabel kecepatan pengadukan 1000, 1300, 1600 dan 1900 rpm. Pengaruh kecepatan terhadap kestabilan emulsi diamati dengan penambahan air 5% menggunakan jenis surfaktan 76,6% *lecitin* – 23,4% *triton x-100* konsentrasi 1% dengan penambahan CMC 0,5% dan tidak. Pengukuran yang dilakukan adalah tinggi lapisan dengan pengamatan secara visual, viskositas, dan densitas.

4.4.2.1 Pengamatan Pembentukan Emulsi Minyak Solar – Air Secara Visual.

Berdasarkan variabel yang diamati kemudian dilakukan pengamatan visual. Pengamatan berupa pembentukan lapisan yang terjadi pada emulsi saat selesai pengadukan. Hasil pengamatan pada **Gambar 4.9** dan **Tabel 4.8**



Gambar 4.9 Surfaktan 1% 76,6%
Lecitin-23,4% *Triton x-100* Setelah 1 hari (a) tanpa CMC (b)
 dengan CMC

Tabel 4.8 Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Kecepatan Impeller
 dengan 1% Surfaktan 76,6% *Lecitin* – 23,4% *Triton x-100* tanpa
 CMC

Parameter	0 jam Setelah pengadukan	1 jam setelah pengadukan	24 jam setelah pengadukan
1000 rpm	Warna emulsi putih keruh seperti susu, belum terbentuk lapisan atas maupun lapisan bawah	Emulsi mulai terbentuk lapisan bawah berwarna putih sangat keruh, warna emulsi masih sama, lapisan bawah terbentuk 0,5 mm dalam waktu 30 menit ditabung pengamatan.	Emulsi berwarna putih keruh, Lapisan bawah tidak bertambah. Lapisan atas sedikit berwarna bening. Apabila dikocok lapisan dan emulsi tidak dapat bersatu

1300 rpm	Warna emulsi putih keruh seperti susu, belum terbentuk lapisan atas maupun lapisan bawah	Emulsi mulai terbentuk lapisan bawah berwarna putih sangat keruh, warna masih sama, lapisan bawah terbentuk 0,25 mm ditabung pengamatan.	Emulsi berwarna putih keruh, lapisan bawah tidak bertambah. Lapisan atas sedikit berwarna bening. Apabila dikocok lapisan dan emulsi tidak dapat bersatu
1600 rpm	Warna emulsi putih keruh seperti susu, belum terbentuk lapisan atas maupun lapisan bawah	Emulsi mulai terbentuk lapisan bawah berwarna putih sangat keruh, warna emulsi masih sama, lapisan bawah terbentuk 0,1 mm dalam waktu 45 menit ditabung pengamatan. Lapisan bawah sangat sedikit sekali	Emulsi berwarna putih keruh, Lapisan bawah tidak bertambah. Lapisan atas sedikit berwarna bening. Apabila dikocok lapisan dan emulsi tidak dapat bersatu
1900 rpm	Warna emulsi putih keruh seperti susu, belum terbentuk	Warna emulsi masih sama, putih keruh dan lapisan	Emulsi berwarna putih keruh, Lapisan bawah belum terbentuk,

	lapisan atas maupun lapisan bawah	masih belum terbentuk	Lapisan atas sedikit berwarna bening.
--	---	--------------------------	--

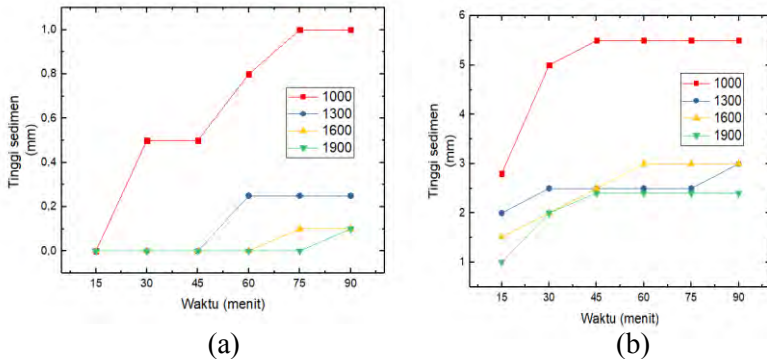
Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Visual Pengaruh Kecepatan Impeller dengan 1% Surfaktan 76,6% *Lecitin* – 23,4% *Triton x-100* + CMC 0,5%

Parameter	0 jam Setelah pengadukan	1 jam setelah pengadukan	24 jam setelah pengadukan
1000 rpm	Warna emulsi putih keruh agak kuning, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh agak kuning, lapisan bawah berwarna bening mulai terbentuk setinggi 1,5 mm pada menit ke 15 ditabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh agak kuning, Lapisan bawah semakin banyak menjadi 2,5 mm dan lapisan atas mulai terbentuk setinggi 5 mm ditabung pengamatan sehingga lapisan atas lebih bening.
1300 rpm	Warna emulsi putih keruh agak kuning, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh agak kuning, lapisan bawah berwarna bening mulai terbentuk setinggi 0,5 mm pada	Warna emulsi putih keruh agak kuning, lapisan bawah semakin banyak menjadi 1,8 mm dan lapisan atas

		menit ke 15 ditabung pengamatan	mulai terbentuk setinggi 3 mm ditabung pengamatan sehingga lapisan atas lebih bening.
1600 rpm	Warna emulsi putih keruh agak kuning, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh agak kuning, lapisan bawah berwarna bening mulai terbentuk setinggi 0,5 mm pada menit ke 15 ditabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh agak kuning, lapisan bawah semakin banyak menjadi 1,7 mm dan lapisan atas mulai terbentuk setinggi 2 mm ditabung pengamatan sehingga lapisan atas lebih bening.
1900 rpm	Warna emulsi putih keruh, belum terbentuk lapisan	Warna emulsi putih keruh agak kuning, lapisan bawah berwarna bening mulai terbentuk setinggi 0,4 mm pada menit ke 15 ditabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh agak kuning, lapisan bawah semakin banyak menjadi 1,3 mm dan lapisan atas mulai terbentuk setinggi 3 mm ditabung

			pengamatan sehingga lapisan atas lebih bening.
--	--	--	--

Berdasarkan pengamatan secara visual emulsi menggunakan surfaktan *Lecitin - Triton x-100*, dengan bertambahnya kecepatan maka kestabilan emulsi juga semakin bertambah. Hal ini dapat dilihat pada emulsi dengan kecepatan 1900 rpm selama 24 jam belum terbentuk lapisan bawah. Berbeda dengan penggunaan surfaktan *Lecitin - Tween 80* dimana penambahan CMC dapat membuat emulsi semakin bagus, penggunaan surfaktan *lecitin - triton x-100* justru lebih bagus tanpa CMC, karena penambahan CMC membuat lapisan bawah lebih banyak berwarna bening. Dari segi penampilan emulsi tanpa CMC lebih berwarna putih keruh seperti susu sedangkan dengan CMC 0,5% lebih berwarna bening dimana warna keruh pada emulsi menandakan bahwa emulsi lebih stabil. Untuk pengaruh kecepatan terhadap emulsi minyak solar-air dapat dilihat pada **Gambar 4.10** di bawah ini.



Gambar 4.10 Pengaruh Kecepatan Putar Impeller terhadap Tinggi Sedimen (lapisan bawah) sebagai Fungsi Waktu
(a) tanpa CMC (b) dengan CMC 0,5%

Berdasarkan tabung uji stabilitas maka emulsi terbaik didapat pada kecepatan 1900 rpm menggunakan surfaktan *Lecitin – Triton x-100* tanpa CMC dengan pembentukan lapisan paling sedikit. Karena surfaktan *Lecitin-Triton x-100* dengan CMC dalam interval menit sudah terbentuk lapisan bawah maupun lapisan atas berwarna bening. Begitupula emulsi dalam rentang 1 hari penambahan lapisan bawah dan atas semakin bertambah kecuali kecepatan 1900 rpm dengan surfaktan *Lecitin – Triton x-100* tanpa CMC hanya terbentuk lapisan atas saja. Penggunaan surfaktan *Lecitin – Triton x-100* tanpa CMC menghasilkan emulsi dengan persentase 99,76%. Penggunaan surfaktan ini lebih cocok tanpa CMC yang berkaitan erat dengan viskositasnya.

4.4.2.2 Hasil Pengukuran Densitas dan Viskositas

Berdasarkan percobaan yang sudah dilakukan, penambahan CMC dapat memperbesar viskositas emulsi. Viskositas naik dengan penambahan CMC karena CMC memiliki sifat sebagai pengental. Perbedaan dapat dilihat pada **Tabel 4.10** di bawah ini :

Tabel 4.10 Viskositas dengan dan tanpa CMC

Parameter	1000 rpm	1300 rpm	1600 rpm	1900 rpm
Tanpa CMC	0,012217	0,012498	0,012169	0,011184
CMC	0,012137	0,010526	0,010991	0,011794

*Viskositas dalam satuan poise

Dari **Tabel 4.10** penambahan CMC memperkecil viskositas emulsi karena CMC bersifat hidrofilik kurang cocok dengan surfaktan campuran *lecitin-triton x-100* yang memiliki HLB 6.2 dengan sifat lipofilik. CMC yang suka air akan memperangkap air terlebih dahulu sebelum terjadi emulsifikasi, terlihat juga pada tabung uji stabilitas terbentuk lapisan sedimen seperti air. Penggunaan jenis surfaktan ini akan menghasilkan emulsi minyak solar-air tanpa penambahan CMC.

Semakin tinggi viskositas dari suatu emulsi semakin rendah laju rata-rata pengendapan yang terjadi, sehingga mengakibatkan kestabilan semakin tinggi. Viskositas berkaitan

erat dengan tahanan yang dialami molekul untuk mengalir pada sistem cairan.

Tabel 4.11 Densitas dengan dan tanpa CMC

Parameter	1000 rpm	1300 rpm	1600 rpm	1900 rpm
Tanpa CMC	0,804	0,8055	0,8065	0,8055
CMC	0,803	0,803	0,804	0,803

* Densitas dalam satuan g/mL

4.4.2.3 Hasil Analisa *Droplet size* dan *Zeta potensial*

Pengukuran *droplet size* dan *zeta potensial* dilakukan pada emulsi yang dihasilkan dari kecepatan pengadukan terbaik yaitu 1900 rpm dengan menggunakan penambahan CMC 0,5% dan yang tidak menggunakan CMC. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4.12** berikut :

Tabel 4.12 Hasil Analisa *Droplet size* dan *Zeta Potensial*

Treatment	Droplet Size (nm)	Zeta Potensial (mV)
CMC	213,9	5,87
Tanpa CMC	215,5	17,1

Berdasarkan **Tabel 4.12** terlihat bahwa emulsi dengan surfaktan *lecitin – triton x-100* tanpa CMC 0,5% memiliki zeta potensial lebih besar daripada yang menggunakan CMC 0,5%. Hal ini sesuai dengan pengamatan pembentukan lapisan, bahwa surfaktan *lecitin – triton x-100* lebih cocok tidak menggunakan CMC. *Droplet size* yang didapat juga hampir sama antara yang ditambahkan CMC 0,5% dan tidak yaitu diatas 200 nm, hasil ini sudah masuk ke dalam range emulsi *milky* yaitu <500 nm.

4.5 Pengaruh Penambahan Air

Penambahan air diharapkan mampu menurunkan kadar NO dan NO_x (Kojima, 2012). Penambahan air untuk mensubstitusi jumlah solar dapat menghemat biaya karena air lebih murah daripada solar. Substitusi air pada solar juga merupakan langkah yang baik dalam menekan penggunaan energi tak terbarukan. Pengaruh penambahan air terhadap kestabilan emulsi diamati pada

solar + air 5%, 25% dan 50% dari volume total emulsi menggunakan jenis surfaktan 76,6% *lecitin* – 23,4% *triton x-100* konsentrasi 1% serta kecepatan pengadukan 1900 rpm dan sonikasi 20.000 Hz. Pengukuran yang dilakukan adalah stabilitas emulsi solar-air secara visual, viskositas, dan densitas.

4.5.1 Stabilitas Emulsi Solar-Air Secara Visual

Berdasarkan variabel yang diamati kemudian dilakukan pengamatan secara visual. Pengamatan visual yang dilakukan berupa pembentukan lapisan yang terjadi pada emulsi saat selesai pengadukan. Hasil pengamatan ditunjukkan pada **Tabel 4.13** dan **Gambar 4.11**.



Air 5% Tanpa Sonikasi



Air 5% Sonikasi



Air 25% Tanpa Sonikasi



Air 25% Sonikasi



Air 50% Tanpa Sonikasi



Air 50% Sonikasi

Gambar 4.11 Pengamatan Secara Visual Pengaruh Penambahan Air Terhadap Hasil Emulsi

Tabel 4.13 Hasil Pengamatan Pengaruh Penambahan Air terhadap Kestabilan Emulsi

Parameter	0 jam Setelah pengadukan	1 jam setelah pengadukan	24 jam setelah pengadukan
Air 5% Tidak Sonikasi	Warna emulsi putih keruh seperti susu, belum terbentuk lapisan atas maupun lapisan bawah	Warna emulsi masih sama, putih keruh dan lapisan masih belum terbentuk	Emulsi berwarna putih keruh, lapisan bawah belum terbentuk, lapisan atas sedikit berwarna bening, pada tabung pengamatan terbentuk 2 mm selama 1 hari.
Air 5% sonikasi	Warna emulsi putih keruh seperti susu, belum terbentuk	Warna emulsi masih sama, putih keruh dan lapisan	Emulsi berwarna putih keruh, lapisan bawah belum terbentuk,

	lapisan atas maupun lapisan bawah	masih belum terbentuk	lapisan atas sedikit berwarna bening, pada tabung pengamatan terbentuk 2 mm selama 1 hari.
Air 25% Tidak sonikasi	Warna emulsi putih keruh seperti susu, agak kental. Lapisan atas sudah mulai agak bening tapi belum ada lapisan bawah menggunakan tabung pengamatan	Warna emulsi putih keruh, lapisan atas bertambah mulai agak bening. Tapi masih keruh	Emulsi terbentuk dua lapisan dengan warna agak berbeda atas lebih kuning daripada yang bawah. Lapisan atas bening sudah terbentuk 2 mm pada tabung pengamatan selama 1 hari
Air 25% Sonikasi	Warna emulsi putih keruh seperti susu, agak kental. Lapisan atas sudah mulai agak bening tapi belum ada lapisan bawah menggunakan	Warna emulsi putih keruh, lapisan atas bertambah mulai agak bening. Tapi masih keruh	Emulsi terbentuk dua lapisan dengan warna agak berbeda atas lebih kuning daripada yang bawah. Lapisan bawah belum ada. Lapisan atas

	tabung pengamatan		bening sudah terbentuk 1,5 mm pada tabung pengamatan selama 1 hari
Air 50% Tidak sonikasi	Warna emulsi putih sangat keruh, <i>creamy</i> seperti santan kara, lebih kental daripada yang air 25%	Warna emulsi masih sama, belum terbentuk lapisan.	Emulsi sudah terbentuk lapisan bawah berwarna bening seperti air sedikit sekali. Lapisan atas terbentuk 2 mm di tabung pengamatan
Air 50% sonikasi	Warna emulsi putih sangat keruh, <i>creamy</i> seperti santan kara lebih kental daripada yang air 25%	Warna emulsi masih sama, belum terbentuk lapisan.	Warna emulsi masih sama dan lapisan bawah belum ada. Lapisan atas terbentuk 2 mm di tabung pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan visual didapatkan semakin besar jumlah penambahan air maka emulsi akan semakin berwarna putih keruh, *creamy* seperti santan kental dan emulsi juga semakin kental. Penambahan sonikasi juga dapat membuat emulsi berwarna lebih keruh dibandingkan yang tidak disonikasi.

Berdasarkan **Tabel 4.14** penambahan air 5%, 25% dan 50% hingga interval 90 menit belum terbentuk lapisan bawah maupun atas. Setelah 1 hari lapisan bawah masih belum terbentuk namun lapisan atas berwarna bening sudah mulai terbentuk 1,5 –

2,5 mm. Sehingga penambahan air hingga 50% masih memungkinkan emulsi akan bersifat stabil. Penambahan sonikasi dan tanpa sonikasi menunjukkan hasil yang tidak terlalu berbeda di tabung pengamatan, tetapi untuk droplet size sonikasi mampu memperkecil ukuran droplet size secara signifikan.

Berikut hasil pengukuran menggunakan tabung uji stabilitas pengaruh penambahan air untuk proses sonikasi dan tanpa sonikasi.

Tabel 4.14 Hasil Pengukuran Lapisan Pengaruh Kadar Air

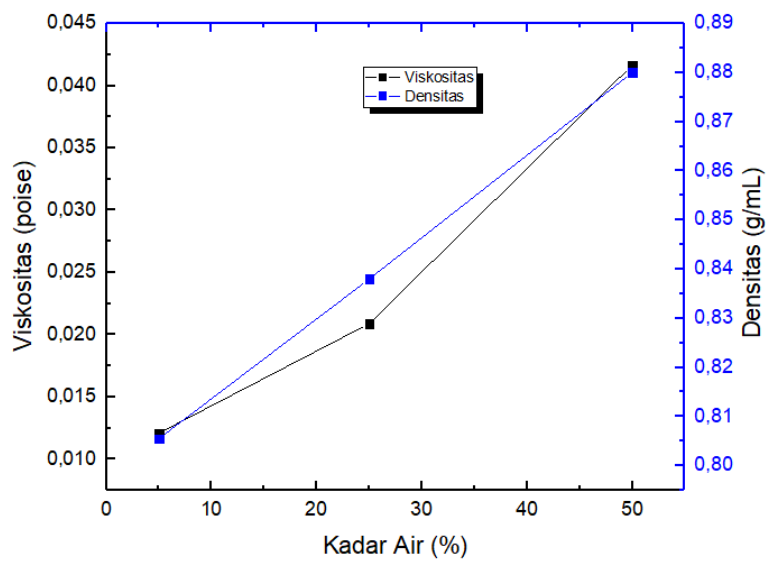
Sonikasi (5% air)	Waktu (menit)	Lapisan Bawah (mm)	Lapisan Atas (mm)	Tidak Sonikasi (5% air)	Lapisan Bawah (mm)	Lapisan Atas (mm)
	15	0	0		0	0
	30	0	0		0	0
	45	0	0		0	0
	60	0	0		0	0
	75	0	0		0	0
	90	0	0		0,1	0
	Setelah 1 hari	0	2		0	2
Sonikasi (25% air)	Waktu (menit)	Lapisan Bawah (mm)	Lapisan Atas (mm)	Tidak Sonikasi (25% air)	Lapisan Bawah (mm)	Lapisan Atas (mm)
	15	0	0		0	0
	30	0	0		0	0
	45	0	0		0	0
	60	0	0		0	0
	75	0	0		0	0
	90	0	0		0	0
	Setelah 1 hari	0	1,5		0	2
Sonikasi (50% air)	Waktu (menit)	Lapisan Bawah (mm)	Lapisan Atas (mm)	Tidak Sonikasi (50% air)	Lapisan Bawah (mm)	Lapisan Atas (mm)
	15	0	0		0	0
	30	0	0		0	0
	45	0	0		0	0
	60	0	0		0	0
	75	0	0		0	0
	90	0	0		0	0
	Setelah 1 hari	0	2		0	2,5

*Kecepatan : 1900 rpm

4.5.2 Hasil Pengukuran Densitas dan Viskositas

Penambahan air pada emulsi menyebabkan sifat fisik seperti densitas, viskositas, *bulk modulus of elasticity*, dan *compressibility* akan mengalami kenaikan (Khan, 2015). Berdasarkan **Gambar 4.12** didapatkan bahwa penambahan air

dapat memperbesar viskositas dan densitas karena pergerakan antar molekul menjadi lebih sempit.



Gambar 4.12 Grafik Hubungan antara Viskositas dan Densitas Lecitin-Triton x-100 Terhadap Kadar Air

4.5.3 Hasil Analisa *Droplet size* dan *Zeta potensial*

Tabel 4.15 Hasil Analisa *Droplet size* dan *Zeta potensial* pada Penambahan Air

<i>Treatment</i>	Kandungan Air (%)	Droplet Size (nm)	Zeta potensial (mV)
Sonikasi	5	186,7	0,279
Tanpa Sonikasi		203,6	17,1

Sonikasi	25	195,3	-11,3
Tanpa Sonikasi		328,1	-31,6
Sonikasi	50	403,2	-10,8
Tanpa Sonikasi		328,4	-13

Berdasarkan **Tabel 4.15** terlihat bahwa penambahan air akan memperbesar ukuran *droplet*. Ukuran droplet terkecil 186,7 nm pada penambahan air 5% dan yang paling besar yaitu pada penambahan air 50% 403,2 nm. *Droplet size* dengan ukuran 403,2 nm masih masuk dalam range *droplet size* yaitu <500 untuk emulsi bersifat *milky* (El Din, 2011). Proses sonikasi pada penambahan air 5% dan 25% membuat ukuran droplet lebih besar dibandingkan tanpa sonikasi. Tetapi, untuk penambahan air 50% dengan sonikasi ukuran droplet menjadi lebih besar karena viskositasnya yang besar membuat pergerakan emulsi kurang merata, penggunaan *strirrer* dianjurkan agar emulsi ter sonikasi secara merata.

Dari variasi penambahan jumlah air didapatkan hasil kestabilan emulsi yang paling baik yaitu dengan penambahan air 5%, tetapi penambahan air 25% dan 50% tetap masuk ke dalam range *droplet size* nano emulsi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Surfaktan yang paling cocok digunakan untuk emulsi minyak solar-air menggunakan komposisi surfaktan campuran, yaitu 45,5% *lecitin* – 54,5% *tween 80* menggunakan CMC dan 76,6% *lecitin* – 23,4% *triton x-100* tanpa CMC
2. Konsentrasi surfaktan yang baik untuk emulsi minyak solar-air sebesar 1% terhadap volume total emulsi minyak solar air.
3. *Pre-treatment* mampu meningkatkan stabilitas emulsi.
4. Semakin *kecepatan putar impeller* bertambah maka kestabilan emulsi minyak solar – air juga akan semakin bertambah, dalam penelitian ini hasil yang memberikan kestabilan emulsi paling optimal yaitu pada kecepatan pengadukan 1900 rpm.
5. Penambahan air (*aquabidest*) yang optimal dengan volume air 5%, dan penambahan air hingga 50% masih memberikan hasil emulsi minyak solar – air yang stabil. Penambahan sonikasi mampu meningkatkan kestabilan emulsi.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dalam emusifikasi solar air, kami menyarankan untuk penelitian selanjutnya:

1. Mencoba menggunakan jenis surfaktan yang lain.
2. Melakukan percobaan dengan kecepatan pengadukan variasi lainnya.
3. Melakukan uji hasil emulsi solar-air pada mesin diesel.
4. Melakukan *pre-treatment* pada air dan solar terlebih dahulu baru kemudian ditambahkan surfaktan
5. Mengamati kestabilan emulsi dalam waktu yang lebih lama

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

b	Lebar Baffle	[mm]
d	Diameter <i>Impeller</i>	[mm]
D	Diameter Tangki Silinder	[mm]
H	Tinggi Tangki	[mm]
H'	Tinggi <i>Liquid</i>	[mm]
ID	Diameter Dalam Tabung Uji Stabilitas	[mm]
μ	Viskositas <i>Fluida</i>	[g/cm.s]
ρ	Densitas <i>Fluida</i>	[g/mL]

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W. dan Tsuda , K. *Motor Diesel Putara Tinggi*. Jakarta: PT Pradya Padamita. 2002.
- Badran, O., Emeish, S., Abu-Zaid, M., Abu-Rahma, T., Al-Hasan, M., & Al-Ragheb, M. (2010). Impact of Emulsified Water/Diesel Mixture on Engine Performance and Environment. *International Journal of Thermal and Environmental Engineering*, 3(1), 1–7.
- Eng, P., & Scarpete, D. (2013). Diesel-water emulsion, an alternative fuel to reduce diesel engine emissions. A review. *Machines, Technologies, Materials*, (7), 7–10.
- Ghannam, M. T., & Selim, M. Y. E. (2009). Stability behavior of water-in-diesel fuel emulsion. *Petroleum Science and Technology*, 27(4), 396–411.
- Ghannam, M. T., & Selim, M. Y. E. (2016). Rheological properties of water-in-diesel fuel emulsions. *International Journal of Ambient Energy*, 37(1), 24–28.
- Lif, A., & Holmberg, K. (2006). Water-in-diesel emulsions and related systems. *Advances in Colloid and Interface Science*, 123–126(SPEC. ISS.), 231–239.
- Mohammed Yahaya Khan, Z.A abdul Karim, F. Y. H. (2014). Review Article : current Trends in Water-in-diesels emulsion as a fuel. *The Scientific World Journal*, 2014, 15.
- Navickas, A., Puida, E., Bubulis, A., Jurenas, V., & Pauliukas, A. (2013). Investigation of Oil – Water Ultrasound Emulsifier. *Vibroengineering*, 1, 35–38.
- Noor El-Din, M. R., El-Gamal, I. M., El-Hamouly, S. H., Mohamed, H. M., Mishrif, M. R., & Ragab, A. M. (2013). Rheological behavior of water-in-diesel fuel nanoemulsions stabilized by mixed surfactants. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*.
- Noor El-Din, M. R., El-Hamouly, S. H., Mohamed, H. M., Mishrif, M. R., & Ragab, A. M. (2013). Water-in-diesel fuel nanoemulsions: Preparation, stability and physical properties.

- Egyptian Journal of Petroleum*, 22(4), 517–530.
- Noor El-Din, M. R., Mishrif, M. R., Morsi, R. E., El-Sharaky, E. A., Haseeb, M. E., & Ghanem, R. T. M. (2017). A new modified low-energy emulsification method for preparation of water-in-diesel fuel nanoemulsion as alternative fuel. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 38(2), 248–255.
- Noor El-Din, M. R., Osman, D. I., Rashad, A. M., Mishrif, M. R., & El-Sharaky, E. A. (2017). Physicochemical and rheological characterization of diesel fuel nanoemulsions at different water and surfactant contents. *Journal of Molecular Liquids*, 231, 440–450.
- Paul, E. L., Atiemo-obeng, V. a, & Kresta, S. M. (2004). *Handbook Of Industrial Mixing Edited By*. Paul, E. L.
- Sari, D. K., Sulisty, R., & Lestari, D. (2015). Jurnal Integrasi Proses Website : [Http://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Jip](http://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Jip) Pengaruh Waktu Dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Emulsi Minyak Biji Matahari (*Helianthus annuus L .*) Dan Air 1 Teknik Kimia , Fakultas Teknik , Universitas Sultan Ageng Tirtayas. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(3), 155–159.
- Sajida, Gita Nur., & Azmi, Luthfiana. Pengaruh Penambahan Surfaktan Terhadap Kestabilan Emulsi Solar-Air Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Mesin Diesel. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. (2016).
- Uniqema. (2004). The HLB System: a time saving guide to emulsifier selection. *Society*, 37(10), 1390–3.
- Vellaiyan, S., & Amirthagadeswaran, K. S. (2016). The role of water-in-diesel emulsion and its additives on diesel engine performance and emission levels: A retrospective review. *Alexandria Engineering Journal*, 55(3), 2463–2472.

APPENDIKS

1. Menghitung Komposisi Surfaktan (Lecitin 100%)

Volume emulsi = 600 mL
 ρ *lecitin* = 1,108 gram/mL
 ρ Tween 80 = 1,07 g/mL
 ρ Triton x-100 = 1,07 g/mL
 Surfaktan 0,1% = 0,1% x 600 mL
 = 0,6 mL x 1,108 gram/mL
 = 0,65 gram

Tabel 1. Analog Perhitungan Surfaktan 0,1% (*Lecitin – Tween 80*)

Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lecitin</i>	<i>Tween 80</i>	<i>Lecitin</i>	<i>Tween 80</i>
100	0	0.65	0
80	20	0.52	0.13
60	40	0.39	0.26
45.5	54.5	0.29	0.36
20	80	0.13	0.52
0	100	0	0.65

Tabel 2. Analog Perhitungan Surfaktan 0,1% (*Lecitin – Triton-x 100*)

Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lecitin</i>	<i>Triton – x</i>	<i>Lecitin</i>	<i>Triton – x</i>
76.6	23.4	0.51	0.15
53.19	46.81	0.35	0.30
36.17	63.83	0.24	0.41
6.38	93.62	0.04	0.6
0	100	0	0.65

Tabel 3. Analog Perhitungan Surfaktan 0,5% (*Lecitin – Tween 80*)

Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lecitin</i>	<i>Tween 80</i>	<i>Lecitin</i>	<i>Tween 80</i>
45	55	1.4958	1.7655

Tabel 4. Analog Perhitungan Surfaktan 1% (*Lecitin – Tween 80*)

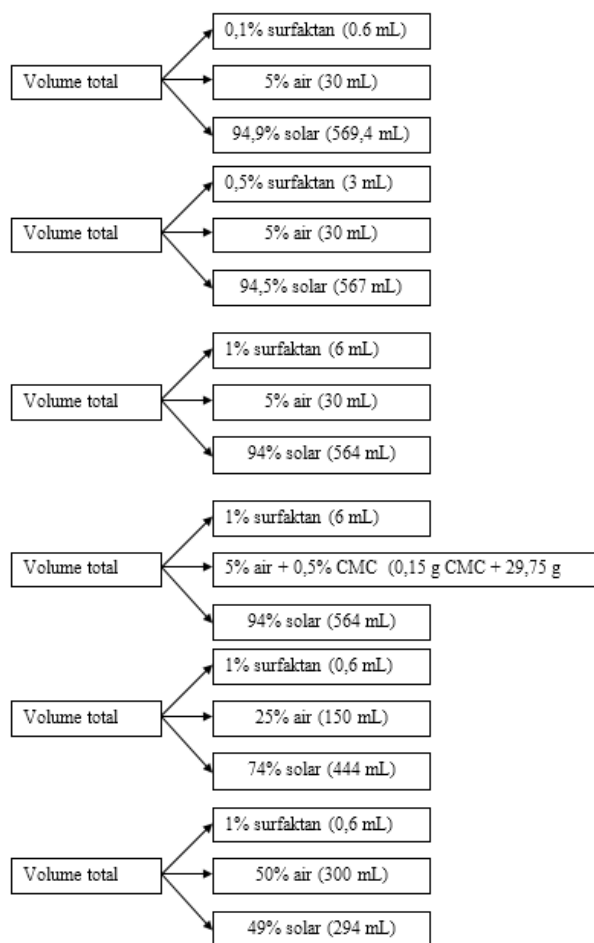
Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lecitin</i>	<i>Tween 80</i>	<i>Lecitin</i>	<i>Tween 80</i>
45	55	3.02	3.5

Tabel 5. Analog Perhitungan Surfaktan 1% (*Lecitin – Triton-x 100*)

Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lecitin</i>	<i>Triton – x</i>	<i>Lecitin</i>	<i>Triton - x</i>
76.6	23.4	5.1	1.9

2. Membuat larutan CMC 0,5%

Volume air = 30 mL
 ρ Air 30°C = 0,9968 g/mL
 Massa air = 30 mL x 0,9968 g/mL
 = 29,904 gram
 CMC 0,5% = 0,5% x 29,904 gram
 = 0,15 gram
 Air 99,5% = 99,5% x 29,904 gram
 = 29,754 gram



Gambar 1 Komposisi Pembuatan Emulsi Minyak Solar Air

3. Menghitung HLB Surfaktan

$$\% (A) = \frac{(X - HLB_B) \times 100}{HLB_A - HLB_B}$$

$$\% (B) = 100 - \% (A)$$

Keterangan :

A : % Surfaktan A

B : % Surfaktan B

X : HLB yang diinginkan

HLB_B : HLB Surfaktan B

HLB_A : HLB Surfaktan A

HLB 45,5% *Lecitin*-54,5% *Tween*

$$45,5\% = \frac{(X - 15) \times 100}{4 - 15}$$

$$X = 10$$

Tabel 6. Analog Perhitungan HLB

HLB	Komposisi Surfaktan (%)		HLB	Komposisi Surfaktan (%)	
	<i>Lecitin</i>	<i>Tween 80</i>		<i>Lecitin</i>	<i>Triton x-100</i>
4	100	0	4	100	0
6,2	80	20	6,2	76,6	23,4
8,4	60	40	8,4	53,19	46,81
10	45,5	54,5	10	36,17	63,83
12,8	20	80	12,8	6,38	93,62
15	0	100	13,4	0	100

LAMPIRAN

1. Pengaruh Kecepatan Impeller Terhadap Emulsi Minyak Solar-Air 1% Surfaktan 45,5% Lecitin-54,5% Tween 80 tanpa CMC (0 jam setelah pengadukan)



1000rpm



1300 rpm



1600 rpm



1900 rpm

2. Pengaruh Kecepatan Impeller Terhadap Emulsi Minyak Solar-Air 1% Surfaktan 45,5% Lecitin-54,5% Tween 80 + CMC 0,5% (0 jam setelah pengadukan)



1000 rpm



1300 rpm



1600 rpm



1900 rpm

3. Pengaruh Kecepatan Impeller Terhadap Emulsi Minyak Solar-Air 1% Surfaktan 76,6% Lecitin-23,4% Triton x-100 Tanpa CMC



1000 (0jam)



1000 rpm (1jam)



1000 rpm (24 jam)



1000 rpm (24 jam)



1300 rpm (0 jam)



1300 rpm (1 jam)



1300 rpm (24 jam)



1300 rpm (24 jam)



1600 rpm (0 jam)



1600 rpm (1 jam)



1600 rpm (24 jam)



1600 rpm (24 jam)



1900 rpm (0 jam)



1900 rpm (1 jam)



1900 rpm (24 jam)



1900 rpm (24 jam)

4. Pengaruh Kecepatan Impeller Terhadap Emulsi Minyak Solar-Air 1% Surfaktan 76,6% Lecitin-23,4% Triton x-100 + CMC 0,5%



1000 rpm (0 jam)



1000 rpm (1 jam)



1000 rpm (24 jam)



1300 rpm (0 jam)



1300 rpm (1 jam)



1300 rpm (24 jam)



1600 rpm (0 jam)



1600 rpm (1 jam)



1600 rpm (24 jam)



1900 rpm (0 jam)



1900 rpm (1 jam)



1900 rpm (24 jam)

5. Pengaruh Penambahan Air 1% Surfaktan 76,6% Lecitin-23,4% Triton x-100 (Kecepatan 1900 rpm)



5% Air TS (0 Jam)



5% Air S (0 Jam)



5% Air TS (24 Jam)



25% Air TS (0 Jam)



25% Air S (0 jam)



25% Air S (24 Jam)



50% Air TS (0 Jam)



50% Air S (0 Jam)



50% Air S (24 Jam)

BIODATA PENULIS



Dina Adelina lahir pada hari Minggu di Purworejo, 6 November 1994. Putri ke dua dari Bapak Alfianizar dan Ibu Rita. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SD Negeri 1 Purwodadi, Purworejo tahun 2000-2006, SMP Negeri 2 Purworejo tahun 2006-2009 dan SMA Negeri 6 Purworejo tahun 2009-2012. Penulis melanjutkan pendidikan D3 di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta pada tahun 2012-2015. Semasa kuliah penulis bergabung bersama keluarga diploma 3 Teknik Kimia (Kadika), dan majalah kampus (EUREKA). Pada awal 2015 tepatnya bulan Januari penulis melanjutkan pendidikannya pada program Lintas Jalur (LJ) di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri (FTI) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis melakukan kerja praktek di PGN Saka Indonesia Pangkah, Gresik. Di akhir masa studi, penulis memilih Laboratorium Mekanika

Fluida dan Pencampuran untuk pengerjaan tugas akhir. Bersama partenernya dan di bawah bimbingan

Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng serta Dr. Tantular Nurtono, S.T., M. Eng, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir Pra Desain Pabrik Pembangkit Energi dari Ampas Tebu (*Bagasse*) dan penulisan buku skripsi ini.



dinaadelina



dinaadelina13@gmail.com



dinaadelina

BIODATA PENULIS



Fenni Woro Hastuti Putri kedua pasangan Bapak Eko Hendiyanto dan Ibu Haryani ini dilahirkan pada hari Selasa, 12 September 1994. Pada tahun 2000 penulis memulai pendidikan formalnya di SD N Jaten, kemudian untuk sekolah menengah pertama di SMP N 2 Boyolali pada tahun 2007 dan jenjang menengah atas di SMA N 3 Boyolali pada tahun 2009. Penulis melanjutkan pendidikan D3 Teknik Kimia di Universitas Sebelas Maret Surakarta (UNS) pada tahun 2012-2015. Semasa kuliah, penulis aktif berorganisasi di (Himpunan Mahasiswa Prodi) HMP D3 Fakultas Teknik UNS. Pada awal 2015 penulis melanjutkan pendidikannya pada program Lintas Jalur (LJ) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri (ITS) Surabaya. Penulis melakukan kerja praktek di PT. Pupuk Kujang Cikampek Jawa Barat. Di akhir masa studi, penulis mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, bersama partnernya Dina Adelina dan di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng serta Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir Pra Desain Pabrik Pembangkit Energi dari Ampas Tebu (*Baggase*) dan penulisan buku skripsi ini.



: fennihastuti



: fennihastutii8312018@gmail.com



: fennihastuti